5e Année — N° 30 — Décembre 1938

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.

Examen synoptique des pluies annuelles en Océanie française et mers voisines.

Le cyclone antillais du 23 septembre 1935.

Notes et informations.

Bibliographie.

PARIS Ve

LAROSE ÉDITEUR

11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . .	50 francs.
ETRANGER	60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une.	60 francs.
Prix du N° isolé de ces collections.. . . .	12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies,* et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

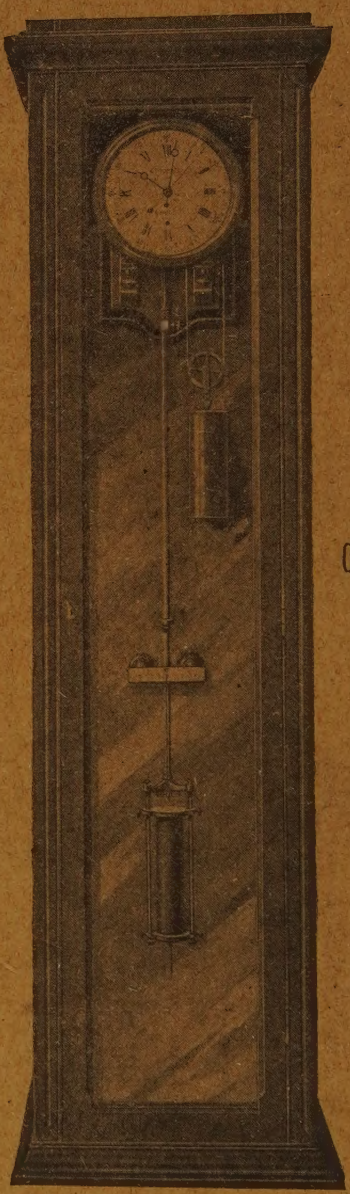
Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS

Téléph. : Anjou 25-60



Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Examen synoptique des pluies annuelles en Océanie française et mers voisines

Plan du présent travail

Les Lockyer ont donné l'exemple, il y a trente-cinq ans, d'un examen à simple vue des tracés synoptiques des données du climat de stations distribuées entre le Cap de Bonne-Espérance et le Chili (2). Ils en ont déduit des corrélations qui ont été reprises depuis par des opérations arithmétiques censées éliminer les impressions subjectives et qui présentent à nos yeux les défauts suivants ;

Les séries incomplètes ou lacunaires sont inutilisables.

Les amplitudes jouent un rôle prépondérant alors qu'il s'agit pour nous de comparer les tendances et non les intensités des phénomènes du climat, année par année, entre stations plus ou moins distantes les unes des autres avec pour objet principal la recherche des propagations, qui peut donner des résultats pratiques au prévisionniste et conduit à la recherche des périodicités.

Les formules de corrélation en honneur comportent généralement (18) trois ou quatre termes relatifs à autant de stations et caractérisant deux ou trois résultats statistiques s'appliquant à des phénomènes d'ailleurs différents (précipitations, pressions, températures moyennes de x mois). Elles sont censées donner l'amplitude à prévoir à brève échéance pour l'un de ces phénomènes dans la station pour laquelle on les interroge.

Nous proposons pour écarter toute subjectivité l'emploi d'une méthode nouvelle que nous dénommons « Analyse Spectrale » et qui n'a rien de commun avec les spectres des amplitudes de fréquences échelonnées (périodogrammes).

Chacun de nos spectres comporte au contraire une seule fréquence et donne la répartition des sommets du tracé statistique d'un phénomène du climat (en l'espèce le total des pluies de l'année) que l'on cherche à rapporter à cette fréquence. Lorsque cette tentative est infructueuse, le spectre se montre diffus. Lorsque la périodicité essayée est vraisemblable pendant la durée des observations dont on dispose, même lacunaires, le spectre présente des raies nettes.

N.-B. — Les nombres entre parenthèses indiquent les numéros de la Bibliographie que le lecteur trouvera *in fine*.

Après un rapide examen à vue des tracés synoptiques des pluies annuelles groupés sur notre planche I (p. 171-174) et un rappel des types divers de répartition dans l'année (planche II, p. 175-178), nous donnerons les résultats détaillés de l'analyse spectrale appliquée à ces tracés pour deux périodicités remarquables : celle de *trois ans* très étudiée dans l'océan Indien, la mer de Java et l'Australie : celle de onze ans censée en rapport avec l'activité solaire traduite par les nombres statistiques des taches.

Les climatologues australiens poursuivent inlassablement l'étude de cette période signalée avant 1870 par le plus ancien des Lockyer à propos du climat de l'île Maurice (5 et 7).

L'étude de la série complète des spectres pour toutes périodes entières de trois à onze ans nous a conduits entre autres à la notion d'une période fondamentale non entière pour chaque station qui peut être purement virtuelle en ce sens que seuls certains de ses harmoniques existeraient réellement dans certains cas. Inversement, plusieurs ondes de même période peuvent correspondre à un sous-multiple qui existerait seul effectivement. Les conditions de compatibilité avec la courbe de répartition annuelle des pluies permettent dans le cas d'une saison unique des pluies de rejeter l'onde fondamentale et de conclure à la réalité du train d'ondes.

Enfin, la détermination des ondes constitutives ou reconstitutives d'un tracé, sans faire d'ailleurs aucune hypothèse sur la forme de ces ondes qui ne sont pas nécessairement sinusoïdales, surtout s'il est prouvé que les minima ont leur indépendance par rapport aux maxima : cette détermination appelle la recherche des causes physiques correspondantes.

Les faits de propagation lente d'une anomalie ou d'un renversement de la tendance des tracés, les déphasages pouvant se chiffrer par plusieurs années, sont bien difficiles à interpréter si l'on ne songe à la puissante inertie calorifique des masses d'eaux océaniques de températures diverses véhiculées par les courants marins (1). Ceux-ci n'ont pas comme unique moteur les brises établies faisant dériver les eaux de

(1) « Ocean currents are the probable cause of the 3 years pressure cycle of the tropical South Pacific », par le Dr H.-P. Berlage, in *Met. Zeit.*, juillet 1929, pp. 249-279.

surface avec intervention de l'effet Coriolis appuyant à gauche dans l'hémisphère austral. Il faut se représenter la possibilité d'épandages, de mises en circuit massives bien supérieures à ce que peuvent représenter les apports des cours d'eau ou les précipitations directes sur la mer, dont les effets sont cependant sensibles en des bassins quasi fermés comme la mer de Java. La Grande Barrière et l'ensemble de la calotte glacée antarctique sont susceptibles d'apports formidables, soit par dislocation, soit par fusion. En sorte qu'une année de grande activité solaire intensifie la fabrication d'eaux chaudes dans les régions tropicales brassées par les alizés en même temps que la fabrication d'eaux froides polaires et la lutte entre ces eaux se rencontrant enfin est, suivant la distance et la configuration des terres, différée de plusieurs années.

La grande difficulté qu'on éprouve dans la vérification de ces vues générales consiste, soit dans la pauvreté de la documentation océanographique, soit dans sa grande abondance suivant les régions. En outre, la publication des moyennes par carreau de la carte demeure stérile. Il faut recourir aux observations originales.

Nous avons tenté néanmoins, dans un domaine maritime restreint limitrophe de la Nouvelle-Calédonie, le rapprochement des pluies et des températures de surface, ou à défaut, des niveaux marins moyens annuels qui s'avèrent de plus en plus, contrairement à la doctrine du XIX^e^ siècle, indépendants de la pression barométrique moyenne annuelle et des vents dominants pour suivre fidèlement l'anomalie moyenne des températures distribuées jusqu'à la couche dite invariante. Nous pensons avoir démontré l'influence des afflux d'eaux polaires sur la localisation des hautes pressions et sur l'importance des pluies, et relié celles-ci à Adélaïde à l'activité cyclique du Soleil, comme on le verra ci-après. Ces rapprochements figurent Pl. III (p. 175-178).

Coup d'œil sur la Planche I

Cette planche nous montre le parti qu'on peut tirer de courtes suites, et même d'observations isolées. Les stations secondaires néo-calédoniennes concordent, en général, entre elles et avec Nouméa. Cela ne réhabilite pas seulement les observateurs coloniaux, modestes et consciencieux, dont on a parfois douté bien injustement (l'entente entre postes pour cadrer est en effet invraisemblable). Cela prouve également que les tendances vers l'augmentation ou la réduction des précipitations annuelles sont communes à tous les postes d'une même île quelles que soient leur orientation et leur altitude. Nous l'avons vérifié d'une manière frappante à la Réunion et aux Antilles. Nous pouvons, sans chances d'erreur, extrapoler un maximum à Nouméa en 1916. De même en 1929 doit se placer un minimum.

Mais la concordance n'est pas rigide. Par exemple, les minima de 1926 à Tembien, Central Ouamenie et Ouitchambo avancent d'un an sur Nouméa et Gomen Koligoh. Cette notion de l'avance (ou du retard) d'un an manifestée parfois alors que l'apparentement, comme dans l'exemple néo-calédonien, est indéniable, s'extrapole au cas des stations très éloignées l'une de l'autre et si le rythme des anomalies n'est pas très différent de la période ou pseudo-période de trois ans, l'on court grand risque de faire, grâce à cette recette commode du déphasage, des rapprochements téméraires.

Tâchons de tirer à simple vue de la planche synoptique I quelques données incontestables.

Nous constatons d'abord la faible importance des écarts des totaux des pluies annuelles dans certaines stations australiennes de la zone tempérée, contrastant avec leur exagération dans beaucoup de stations tropicales.

La planche I les représente à la même échelle, sans avoir égard à la valeur absolue du niveau de base, c'est-à-dire du minimum constaté en un lieu.

Ce minimum peut être, à la même latitude, soit de plusieurs mètres, soit d'un décimètre seulement comme à l'île Malden, auquel cas les années de sécheresse sont catastrophiques Cette grande irrégularité des pluies est bien visible sur le tracé de Papeete, malgré ses importantes lacunes. Suivant la tradition, il s'est produit, quoique rarement, des sécheresses critiques aux Marquises.

Mais on ne peut ériger en règle que les pluies varient peu dans les stations tempérées, car Le Cap, Valdivia et Auckland par exemple apportent un démenti.

De même certaines stations tropicales ou même équatoriales ne connaissent pas les écarts d'Amboine ; il suffit de citer Batavia.

La latitude, l'influence directe et saisonnière de l'excursion annuelle du soleil d'un tropique à l'autre, agissent peu dans le domaine que nous étudions.

Nous avons repris, d'après le D^r^ Braak (3), les productions des marais salants de Madoera dans la première moitié du XIX^e^ siècle, supposées varier en sens inverse des pluies, parce que leur tracé nous est apparu en opposition de phase avec les pluies de la côte orientale d'Australie, à Brisbane. Mais cette

compensation ne se confirme pas, par exemple, entre Brisbane et Koepang (Timor).

Nous ne trouvons pas davantage une compensation entre l'abondance des pluies au Chili méridional et la sécheresse en Australie ou au Cap : en gros, tous les tracés de notre planche ont l'air de concorder, au prix de quelques déphasages. De même, il est impossible de décider si Le Cap précède le Chili, comme certains l'ont pensé (2), ou si, au contraire, les anomalies se propagent d'Est en Ouest aux latitudes tempérées et en sens opposé à la circulation des courants aériens au sol et marins en surface, comme on l'a avancé (2).

Pour étudier des cas de propagation, il est préférable de choisir, au lieu d'un sommet aigu d'un tracé, un accident tranchant sur son aspect général. Par exemple, sur le tracé du Cap le maximum obtus de 1881-82-83 a ses correspondances à Hobart (Tasmanie) et Oamaru (pointe SE de l'île méridionale de la Nouvelle-Zélande). Il retarde de deux ans sur Sydney, Brisbane, Nouméa. Au contraire, en 1887, l'accord sera général (sauf Nouméa qui avance d'un an). Considérons des minima caractéristiques par leur prolongation. Le minimum de 1859-60 au Cap concorde avec Hobart, Adelaïde, le creux de 1859 à Melbourne, retarde sur 1858-59 Sydney.

La suite d'années sèches 1862-63-64-65 annonce probablement le creux 1864-66 Adelaïde, la suite sèche 1865-69 Nouméa, le palier 1864-65 Hobart, le minimum 1865 Melbourne, Sydney, Brisbane, Nouméa. La suite basse 92-96 au Cap correspond à 94-98 Adelaïde, Sydney. Pas de sens de propagation établi dans cette zone maritime tempérée de dimensions raisonnables et où les grands traits de la circulation sont les mêmes, soit dans l'air, soit dans l'océan.

Si l'on se risque à plus grande distance, la zone de faible pluviosité 1869-75 à Valdivia peut être représentée de 1871 à 1874 à Brisbane, de 1872 à 1875 au Cap. Mais cette tendance à l'avance au Chili ne se confirme pas et, à tout prendre, nous préférons à ces pseudo-propagations à contre-courant dans le sens des parallèles, l'explication des anomalies par des phénomènes de la région antarctique atteignant d'abord et sans régularité tantôt l'une tantôt l'autre des stations susmentionnées.

Transportons-nous maintenant dans la zone tropicale. Papeete, à mi-chemin entre les continents Australien et Sud-Américain, fournirait de précieuses indications, n'étaient les importantes lacunes de sa statistique de pluies. La suite de faibles pluviosités 1880-83 à Tahiti se retrouve à Sydney (et aussi Brisbane depuis 1881), à Nouméa depuis 1882, au Cap depuis 1883. La sécheresse est-elle venue du centre des basses pressions vers les îles à Guano, se propageant vers l'Est ? L'ensellement 1880-83 du tracé Papeete se retrouve peut-être en 1883-84 à Port Darwin et Koepang. L'ensellement remarquable 1904-06 correspond aux minima tropicaux suivants ; 1905 aux Salomon (Tulagi), dans l'archipel de Cook (Avarua), Port Moresby (Nouvelle-Guinée S.), 1904-1905 à Thursday Is. (détroit de Torres), 1906 Port Darwin (Australie NW), 1905 à Suva (Fidji), 1905-1906 à Apia et Tutihula (Samoa). Il concorde avec le palier bas 1905-07 à Valdivia et Sydney (ce qui exclut l'hypothèse de propagation d'E en W), 1904-07 Brisbane, 1905-07 Nouméa, 1905-06 Auckland. Ces concordances dénotent une cause dont l'aire d'action est immense puisque les stations citées sont atteintes presque simultanément par une anomalie se prolongeant durant plusieurs années. La sécheresse désastreuse commence un peu en retard en 1906 aux îles à Guano (Malden), mais s'y prolongera jusqu'en 1910.

L'allure du tracé de Valparaiso ressemble beaucoup à celle du tracé de Papeete, mais la comparaison ne porte que sur un petit nombre d'années.

En résumé, l'examen à simple vue des tracés synoptiques de la planche I dément des conclusions anciennes d'hommes éminents, ce qui est dû uniquement à l'allongement des statistiques utilisables, et laisse le prévisionniste en défaut s'il espérait « jouer la tendance » en guettant l'apparition de l'anomalie en un poste excentrique, et comptant sur une propagation de sens et de durée moyenne connues.

Recours a l'analyse spectrale

Voici la genèse du procédé. Une étude synoptique (1) des niveaux marins moyens annuels (N. M. A.) nous avait fait apercevoir une onde des maxima revenant tous les sept ans à Panama. Les tracés N. M. A. des ports américains baignés par le Pacifique nous ont révélé, outre cette onde, deux autres de même période en sorte que le rythme des maxima N. M. A. y est de 3-2-2 années. Recherchant si ces ondes cadraient avec les tracés N. M. A. sur d'autres océans, nous avons été amené à essayer d'autres périodicités, notamment l'onde de onze ans qui s'est montrée préférable à Brest où les observations commencent en 1807, à la condition d'employer trois ondes pour les maxima et quatre pour les minima, ce qui fournissait l'explication d'une période séculaire d'autocorrélation.

(1) *Bulletin Géodésique* nº 56, 1937.

Dans le présent travail, au lieu d'essayer des périodes entrevues d'autre part, nous analyserons les tracés statistiques des pluies annuelles reportés Planche I, sans aucune idée préconçue. Nous employons à cet effet ;

1° Un tableau de dépouillement comprenant autant de colonnes que la périodicité essayée comporte d'années. La première colonne correspond conventionnellement à l'année 1841, en sorte que si le tracé débute en 1888 par exemple et qu'on essaye la périodicité 3, on a $1841 + 3 \times 15 = 1886$, et un maximum en 1888 sera donc pointé dans la troisième colonne.

C'est sur ce tableau que se forme le spectre.

2° Un peigne constitué par une bande de papier divisée au même intervalle que les ordonnées du tracé. Les groupes de N années pour l'essai de la périodicité N sont mis en évidence en reculant puis avançant alternativement les segments qui les représentent en sorte que le peigne est crénelé. Bien entendu, il faut un peigne spécial pour chaque périodicité. Nous avons essayé les valeurs de N comprises entre 3 et 11 inclus. Appliquant un peigne sur le tracé on lit facilement les rangs des colonnes du tableau de dépouillement où doivent être pointés les maxima (ou les minima). Il faut veiller seulement à placer le peigne au début comme si son origine était sur 1841. Dans l'exemple ci-dessus, on s'arrangera pour que le troisième intervalle du premier segment comprenne l'origine du tracé (1888). Dans ces conditions, tous les spectres obtenus seront comparables et les déphasages apparaîtront de suite. La périodicité de trois années a été particulièrement étudiée par les savants néerlandais et australiens (3, 4, 6). Nous citerons donc d'abord les résultats obtenus avec le peigne de trois ans.

Spectres de 3 ans

Maxima

Nous indiquerons le nombre de points dans chaque colonne.

Les stations suivantes donnent une *raie nette dans la première colonne.*

Iles Fidji Delanasau Bau ; 6 3 3 ; Suva : 10 7 7.

Iles Samoa Apia ; 8 5 1.

Ile Norfolk entre Nouméa et Sydney ; 5 2 3.

Auckland Nord (moyenne d'un district) ; 7 5 2.

Adelaïde ; 14 10 12 : Albany ; 9 7 6.

Batavia ; 11 7 9.

C'est Apia dont le % des maxima attribuable à la première colonne est le plus élevé, soit 57%.

La prévision du retour triennal du maximum est en défaut une fois sur deux. Cela est dû au jeu des déphasages. Remarquons que la troisième colonne peut aussi bien être rapportée à l'année 1840 qu'à 1843, en sorte qu'elle enregistre aussi les déphasages en avance. Ceux-ci prédominent à Batavia et sont exceptionnels à Apia.

Le spectre d'Adelaïde est presque diffus entre les première et troisième colonnes ; la différence est de deux points seulement, ce qui est acceptable parce que le tracé ne comporte pas de lacunes dont les points inconnus pourraient déplacer la majorité. On voit facilement qu'une lacune de trois années fait manquer un ou deux points et n'empêche pas de conclure si la raie du spectre est caractérisée par une différence de trois ou quatre points en plus.

Lorsque deux colonnes contiguës renferment sensiblement le même nombre de points nettement supérieur à celui de la troisième colonne, nous disons que *la raie est large.* Cela se produit en particulier lorsque les points, qui se groupaient d'abord dans une colonne, sautent ensuite dans la colonne voisine comme si la période se déphasait. En même temps, nous apprenons qu'en travaillant sur une suite peu étendue, qui ne livrerait que le premier groupe de points, nous conclurions ferme à l'existence d'une raie nette, c'est-à-dire d'une périodicité caractérisée, alors que par la suite la raie s'élargit.

Les raies élargies des maxima triennaux sur la première colonne (1841) sont les suivantes :

Papeete : 8 4 7 = 7 8 4, la 3e colonne pouvant se rapporter à 1840.

Arch. de Cook, Avarua : 3 2 1 ; Is Salomon, Tulagi : 4 3 0 ; Sydney : 12 13 9.

Bornéo néerlandais, Pontianak : 7 5 7 = 7 7 5 ; Sumatra N. Medan : 6 2 5 = 5 6 2.

Nous aurons de même :

Raie nette sur la 2e *colonne* :

Tasmanie, Hobart : 10 17 10.

Australie Occidentale, Perth : 8 10 7.

Raie élargie :

Bornéo britannique, Sandakan : 3 4 1.

I. Chatham à l'E de la Nouvelle-Zélande, Waitangi : 3 4 2.

(Cette raie élargie n'est pas distincte de la précédente et Papeete pourrait tout aussi bien figurer ici.)

Raie nette sur la 3e *colonne* :

Nouvelle-Guinée Néerlandaise, Fak-Fak : 1 4 6.

Thursday Island (détroit de Torres) : 3 3 5.

Brisbane : 7 10 13.

Port Darwin : 4 5 10.

Raie élargie :

Moluques, Amboine : 6 2 7 = 7 6 2.

Thursday Island est confirmé par Brisbane. Le classement d'Amboine se motive par un écart d'un point seulement et pourrait tout aussi bien se faire avec Tulagi et Medan.

Avant de poursuivre cette analyse, il y a lieu de remarquer que la répartition annuelle des pluies dans chaque station peut avoir une influence sur les déphasages qui brouillent le spectre de trois ans.

Reprenons, planche II, les types de cette répartition.

Certaines stations n'ont qu'une seule saison des pluies et elle coïncide avec l'été austral (courbes en *I* de Papeete, Thursday Island, Koepang, Port Darwin, Batavia). La statistique associe donc sur un même millésime deux demi-saisons des pluies dont chacune complète peut différer comme tenance de celle qui lui est arbitrairement accolée. Nous ne rencontrerons pas cette difficulté lorsque la saison des pluies unique accompagne l'hiver austral comme à Valdivia, Valparaiso, Auckland dans les années de moyenne ou faible pluviosité, Adelaïde, Perth, dont les courbes de répartition des pluies sont en *A*. Chose surprenante, à ces stations tempérées vient s'associer Amboine, de situation tropicale, région équatoriale ; et si nous considérons Fak Fak, voisine sur le même parallèle, sa courbe en diffère entièrement, montrant une grande saison sèche pendant l'été austral et une petite saison sèche au cœur de l'hiver. Sa principale saison des pluies se situe en automne. Comparons deux stations de Bornéo à la même latitude, l'une sur la mer de Java (Pontianak), l'autre sur la côte orientale (Balik Papan). La première a sa principale saison sèche en hiver et sa principale saison des pluies au printemps. La seconde, beaucoup moins arrosée, a son maximum des pluies en automne austral. Sa courbe ressemble à celle de Nouméa, elle-même très analogue à celle de Sydney. La planche II permet de suivre la déformation de la courbe de répartition annuelle des pluies sur la côte orientale d'Australie de Thursday Island par Brisbane à Sydney.

L'examen de la Planche II nous confirme néanmoins dans l'idée que le balancement du soleil entre les tropiques ne joue pas un rôle prépondérant dans la détermination ou le dédoublement des saisons sèches et humides du domaine que nous étudions. On peut noter que le climat de Batavia est régularisé par la proximité du continent Australien ; les alizés sont y arrivant desséchés, c'est à l'appel déterminant la mousson d'Ouest en hiver que la saison des pluies est due. Une année sur trois (3 et 4), pendant de longues suites, non persistantes toutefois, les alizés sont assez forts pour ne pas arriver à Java entièrement dépouillés d'humidité et la culture de la canne à sucre bénéficiera de quelques ondées à un moment décisif de l'évolution de la plante. De même, les alizés arrosent libéralement certaines stations des Fidji et des Samoa qui ont déjà reçu les pluies d'hiver apportées par des vents du Nord, alors que lesdites pluies font défaut à Amboine qui ne doit compter que sur l'alizé.

Et celui-ci n'apportera que des précipitations insignifiantes aux Iles à Guano, sans qu'on puisse comprendre pourquoi il les aborderait après s'être déchargé de son humidité. Singularités à expliquer si l'on veut comprendre les irrégularités du climat de la Polynésie Française. Elles dépendent de la situation des centres de hautes et basses pressions et nous annonçons que ceux-ci sont liés aux eaux froides ou chaudes de l'océan.

Voyons maintenant si l'étude des minima des pluies annuelles sur la base d'une période de trois ans permet des conclusions plus nettes que celles livrées par l'étude des maxima résumée plus haut.

Spectres de 3 ans

Minima

Raie nette sur la première colonne :

Nouméa : 10 6 7.
Fak Fak : 7 4 1.
Melbourne : 14 5 8.

Raie large :

Hobart, 18 10 15 = 15 18 10.

Ceci est intéressant car les spectres des maxima de Nouméa 9 12 11 et Melbourne 10 11 13, sont diffus. Toutefois, le meilleur % réalisé par Fak Fak n'est que de 58% et la prévision ne réussira qu'une fois sur deux en moyenne à cause des déphasages.

Raie nette sur la dixième colonne :

Papeete : 6 8 5.
Is Samoa, Tutihula : 4 7 2 ; Fatuosofia : 1 3 1.
Brisbane : 9 12 9.
Batavia : 4 13 8.
Medan : 4 8 3.

Raie large :

Apia : 2 6 6.
I. Norfolk : 2 6 5.

Voici enfin des spectres bien lisibles :

Raie nette sur la troisième colonne :

Is. Salomon, Tulagi : 0 1 4.
I Chatham, Waitangi : 2 2 5.

Raie large :

Sandakan : 3 2 4 = 4 3 2.
Amboine : 3 5 6.
Is Fidji, Suva : 4 7 8.
Delanasau Bau : 3 4 4.
Avarua ; 0 3 4.

Que pouvons-nous tirer de ces spectres relativement à la compensation par opposition de phases ? Hobart et Perth sont en opposition avec Brisbane (deuxième colonne), Nouméa est en opposition avec Norfolk, Melbourne avec Adelaïde (première colonne), Tulagi avec Fak Fak et Thursday Island.

Nous avons cité des stations géographiquement proches pour démentir la notion de larges bandes étagées en latitude dont l'une jouirait d'un maximum des pluies alors que, par compensation, l'autre subirait un minimum.

Relativement à la propagation, et nous bornant aux minima dont les spectres sont plus nets, Nouméa et Melbourne précèdent Brisbane et Batavia, donc la longitude n'y est pour rien. Il est malheureusement impossible de faire appel aux stations chiliennes qui se prêtent mal à la périodicité de trois ans. Au surplus, voici la liste des spectres jugés entièrement diffus :

Maxima

Punta Arenas : 3 3 3 ; Valdivia : 8 9 8 : Valparaiso : 2 3 2 ; Fatuosofia : 2 2 2.
Tutihula : 3 4 2 ; Nouméa : 9 12 11 (à cause des lacunes) ; Oamaru 7 6 7 ;
Melbourne : 10 11 13 ; Koepang : 7 7 6.

Minima

Valdivia : 8 7 10 ; Valparaiso : 2 3 2 ; Punta Arenas : 2 3 3 ; Sydney : 10 11 11.
Auckland : 4 5 6 ; Oamaru : 6 7 7 ; Adelaïde : 11 13 10 ; Albany : 6 8 9 ; Perth : 7 6 8.

On pourrait être tenté de retenir Valdivia sur la troisième colonne. Nous ne l'avons pas jugé possible, à cause des importantes lacunes de cette suite et de l'allure de Valparaiso.

En résumé, les vues générales sur la périodicité de trois ans (3 et 4) ne se confirment pas ici ; il pourrait en être tout autrement dans l'Océan Indien.

Ainsi que l'a déjà montré l'examen à simple vue des tracés, *aucune loi de propagation des anomalies des pluies annuelles ne peut être retenue.*

Spectres de 11 ans

Abordons maintenant l'importante question de la corrélation des pluies annuelles et de l'activité solaire supposée caractérisée par les nombres statistiques des taches.

Nous avons figuré, Planche I, le tracé représentatif des nombres de Wolf (puis Wolfer, puis Brunner) tels qu'ils sont publiés par l'observatoire spécial de Zurich. Il est facile de voir que l'évolution des divers tracés de pluie annuelles est beaucoup plus rapide en sorte que la concordance, si elle apparaît, ne persiste pas. Delanasau Bau, aux Fidji ferait exception, mais la suite correspondante est malheureusement assez courte.

Nous agirons pour les taches du Soleil comme nous l'avons fait pour les pluies annuelles, c'est-à-dire que nous passerons leur tracé au peigne de onze ans, d'abord pour les maxima, ensuite pour les minima. Ce sera une occasion de constater que la valeur moyenne de leur périodicité n'est qu'un nombre sans réalité physique. Les minima sont beaucoup plus réguliers et beaucoup mieux localisés que les maxima (qui s'étalent parfois sur quatre années en sorte que leur assigner une date qui cadre avec la périodicité moyenne n'a vraiment aucun sens dans la pratique de la prévision basée sur l'activité solaire). Voici, au surplus, les spectres undécennaux des taches : (origine : 1841) :

MAXIMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x			x	x	x	x	x
x	x		x				x	x	x	x
							x	x	x	x
							x	x	x	x
							x	x	x	x
							x			
							x			

MINIMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x	x	x	x			x	x
	x	x	x	x	x	x			x	x
		x	x	x	x	x				
			x	x	x					
			x	x	x					
				x						
				x						

Les maxima offrent une raie très large de la huitième à la onzième colonne (1849 à 1852), tandis que le spectre des minima est en fuseau centré sur la cinquième colonne, soit $1846 + n \times 11$. S'il existe une corrélation immédiate entre les pluies d'une station du domaine étudié et le nombre des taches, le spectre undécennal de cette station ressemblera plus ou moins au spectre des taches, probablement avec un déphasage de propagation, peut-être aussi en corrélation inverse, en sorte que le spectre des maxima des pluies se rapporte au spectre des minima des taches, ce qui, selon les auteurs, se présenterait

pour une moitié du continent australien, l'autre moitié étant en corrélation directe (4).

On cite en outre (3) pour leurs coefficients de corrélation élevés Adelaïde et Sydney, ce qui s'entend pour des suites d'observations anciennes.

Le tracé de Hobart « adouci » par l'emploi des moyennes chevauchantes en vue d'éliminer les courtes périodes donnerait également une corrélation étroite.

Enfin, celle de Perth serait masquée par le sous harmonique moitié de la période des taches. Vérifions par l'examen des spectres de ces stations.

ADELAÏDE

MAXIMA											MINIMA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x		x	x
	x		x		x	x			x	x	x										
									x	x	x										
											x										

Le spectre des maxima, très diffus, présente une raie large sur les colonnes 10-11. Le spectre des minima, mieux différencié, offre une raie sur la colonne 1. Comme l'activité solaire doit *précéder* et non suivre ses effets, le déphasage entre les minima de cette activité et les minima des pluies à Adelaïde sera donc de $1 + 11 - 5 = 7$ ans. Il est impossible de conclure à une influence immédiate des maxima de l'activité solaire sur les maxima des pluies à Adelaïde. Si une telle influence existe, les spectres indiquent un déphasage de 10-11 moins 8-11 (maximum obtus des taches), dont le maximum serait de deux ans et qui pourrait même s'annuler. Nous verrons plus loin que les maxima des pluies d'Adelaïde semblent en corrélation directe avec les arrivées d'eaux froides polaires et que les plus basses températures de surface s'y manifestent avec des retards de plusieurs années sur les départs mémorables de trains de glaces en dérive, que l'on peut supposer déterminés thermiquement ou mécaniquement (dislocation de la Grande Barrière par des séries de mauvais temps exceptionnels) par les paroxysmes de l'activité solaire.

Passons à Hobart :

HOBART

MAXIMA											MINIMA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x		x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	x	x	x	x	x
x		x		x					x			x		x		x					x
x									x						x	x					x
																x					

Le spectre des maxima des pluies comprend au moins deux raies et probablement quatre. Il en est de même du spectre des minima. La mise en corrélation directe avec la période de onze ans environ des taches du soleil est donc irrationnelle à Hobart. Les ondes undécennales qui se suivent produisent l'effet de maxima à courts intervalles et le prétendu « adoucissement » défigure la périodicité de onze ans que l'on voudrait mettre ainsi en évidence.

Voyons Sydney :

SYDNEY

MAXIMA											MINIMA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x		x	x	x	x						x	x			x	x				x
x			x			x						x	x			x					x
			x			x							x								

Au moins trois raies, soit aux maxima, soit aux minima.

Voici maintenant Perth :

PERTH

MAXIMA											MINIMA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		x	x		x	
x		x	x		x			x	x	x		x		x	x		x	x		x	
x		x	x		x			x				x			x		x	x		x	
		x			x			x				x									
								x													

Le spectre des maxima possède au moins trois raies. Celui des minima est d'une netteté remarquable avec quatre raies. On peut grossièrement retrouver entre les groupes de raies un intervalle égal à la moitié de la période undécennale, conformément à la remarque ancienne que nous avons citée. Les minima se suivent au rythme 3-3-2-3, les maxima 2-3-3-3. Les quatre ondes undécennales de Perth pourraient correspondre à l'harmonique 4 d'une période fondamentale $11/4 = 2\ 3/4$. Avant de reprendre ce point de vue, donnons les spectres undécennaux des stations principales de l'Océanie Française.

PAPEETE

MAXIMA											MINIMA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x		x	x	x				x	x	x	x	x			x		x	x	
					x									x							
					x																

Le spectre des maxima de Papeete rappelle — avec un retard d'un an — le spectre des minima des taches. Le spectre des minima, diffus, surtout si l'on tient

compte des lacunes du tracé, dont chacune peut apporter un point supplémentaire dans les colonnes les moins garnies du tableau de dépouillement, ne permet aucune conclusion.

NOUMÉA

MAXIMA											MINIMA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
x		x	x		x	x	x		x		x		x	x			x		x		
					x		x		x												
					x		x														

Le spectre des maxima est bien différencié et présente trois raies au moins, dont celle de Papeete en opposition avec l'activité solaire et une autre en phase avec cette dernière. Le spectre des minima présente quatre raies douteuses à cause des lacunes qui peuvent correspondre à des points déplaçant ou effaçant les raies. Amboine donne : maxima : 1 1 2 1 2 1 3 1 1 1, raie nette sur la huitième colonne : minima : 1 1 1 2 1 1 1 2 2 1 1 1 diffus.

En résumé, tantôt les spectres undécennaux sont diffus, tantôt ils comportent de trois à quatre raies ce qui exclut la corrélation directe avec une onde unique, même très obtuse : dans un cas seulement (Adélaïde), la corrélation avec l'activité solaire semble visible. Mais il peut y avoir corrélation indirecte si l'activité solaire engendre des ondes multiples déphasées entre elles. Ici se présente une objection.

Multiplicité des ondes longues
Notion de l'onde virtuelle

Supposons que, dans une station du domaine étudié, la périodicité de trois ans des maxima (ou des minima) des pluies annuelles soit persistante. Les sommets des tracés pourront aussi bien être expliqués par deux ondes de six années, trois ondes de neuf années, quatre ondes de douze années, etc.

Lorsque les spectres dénotent un train d'ondes de même période, on doit soupçonner une onde fondamentale et le train serait formé de ses harmoniques de même rang. Cette onde fondamentale ne révèle pas la cause des anomalies. Si le phénomène, cause principale des anomalies des pluies, a une période de dix-huit mois, d'ailleurs soupçonnée pour l'Australie par divers auteurs (6), elle ne peut apparaître immédiatement dans les statistiques par millésime. En outre, si la station étudiée n'a qu'une saison des pluies, une fois sur deux l'effet de la cause physique revenant tous les dix-huit mois, sera nul, d'où une périodicité effective de trois ans. Les stations qui ont deux saisons des pluies (ou deux saisons sèches) au cours de la même année seront influencées tous les deux ans dans des saisons différentes et les statistiques annuelles accuseront une périodicité de deux ans (au lieu de trois) comme effet d'une cause revenant tous les dix-huit mois. Ceci nous montre la difficulté de remonter des périodicités révélées par la statistique à celles des causes physiques dont elles dépendent, et fournit une explication des déphasages d'un an ou plus des anomalies des pluies annuelles entre stations cependant voisines, pourvu que la répartition annuelle y soit différente.

Considérons un cas plus compliqué. Par exemple, l'existence de quatre ondes undécennales nous amène à concevoir une onde fondamentale de 2 ans 3/4 à Perth.

Dans une station dont les pluies durent de novembre à avril si l'année N° 1 correspond à un maximum dû aux pluies du premier trimestre renforcées par une cause de période 2 ans 3/4, le maximum suivant tomberait dans le quatrième trimestre de l'année N° 4, première moitié de la saison des pluies relevant le total de ladite année N° 4, en sorte que la période semblera être de trois ans. Le maximum suivant tombera en saison sèche de l'année N° 5 et passera donc inaperçu. Puis viendra un maximum se produisant 8 ans 1/4 après l'origine et qui coïncidera avec le premier trimestre de saison sèche, donc non apparent. On retombera en phase la onzième année, et le rythme sera 3-8-3-8, etc. La même cause produira des effets très différents dans les stations dotées de deux saisons des pluies ou encore dans celles qui reçoivent des pluies tous les mois, comme Hobart et Adélaïde dont les spectres undécennaux diffèrent d'ailleurs beaucoup. Et le spectre de Perth qui ne reçoit de pluies qu'en hiver austral, et dont les raies undécennales multiples nous ont suggéré la notion d'une onde fondamentale avec « rompu », ne correspond nullement au rythme 3-8-3-8, etc. des maxima, lequel devrait résulter de la combinaison de l'onde fondamentale présumée de périodicité 2 ans 3/4 avec la répartition des pluies dans l'année.

Il est donc impossible de conclure à l'existence d'une période fondamentale avec « rompu », même quand on retrouve par l'analyse spectrale ses harmoniques de rang 2, 3, 4 formant des trains de deux, trois, quatre ondes, lorsque la confrontation avec la courbe de répartition des pluies dans l'année n'est pas satisfaisante. Et il faut bien admettre que ces trains d'ondes de même période peuvent, dans certains cas, exister réellement, et correspondre à l'existence de plusieurs itinéraires entre le centre

d'action et la station ou bien à la présence de deux centres d'action (qui pourraient être les deux pôles).

La notion de deux centres d'action permet d'expliquer pourquoi les composantes sinusoïdales obtenues par l'analyse labroustienne ont des amplitudes successivement croissantes et décroissantes jusqu'à l'extinction presque complète. On obtient, en effet, des courbes de cette allure lorsqu'on fait l'addition des ordonnées de deux sinusoïdes dont les périodes diffèrent peu. Et l'analyse labroustienne a l'inconvénient de ne fournir que la résultante (sans réalité physique) d'un train d'ondes de mêmes périodes, qui existerait réellement.

Les considérations qui précèdent nous ont amené à abandonner les « ondes fondamentales virtuelles » déduites pour chaque station de l'examen de tous ses spectres (entre 3 et 11 ans). On trouverait, par exemple, 24 mois à Nouméa et 33 ou 34 à Batavia. Or, nous avons vu que ces périodicités fondamentales pouvaient dépendre d'une cause unique de rythme 18 mois.

L'analyse spectrale, précieux moyen de vérification de la valeur des corrélations annoncées à diverses époques, et réduisant à un minimum la part du subjectif, ne peut donc à elle seule déceler les causes physiques des anomalies des pluies annuelles, et en particulier des sécheresses, dont la prévision présenterait un grand intérêt économique.

Retour a l'examen direct des facteurs du climat

Corrélation supposée entre les pluies annuelles et les pressions moyennes annuelles

Il demeure acquis que la sécheresse désastreuse de 1914 en Australie coïncidait avec un régime de pressions exceptionnellement élevé, et qu'elle a pris fin au moment où sont apparus des records de basses pressions. On serait donc tenté de vérifier une corrélation inverse qui paraît très probable dans l'Océan Indien, mais nous sommes déjà avertis par le savant néerlandais Dr Berlage que cette règle ne saurait s'appliquer à l'ensemble du domaine de notre présente étude, puisque dans la zone tropicale il peut distinguer les stations telles que Malden et Raniola où le régime des pluies concorde avec celui des pressions à Port Darwin de celles, comme Tulagi, Suva et Apia où les précipitations montrent une marche opposée à celle des pressions de cette station de l'Australie du Nord. Examinons un domaine restreint dont la Nouvelle-Calédonie occupe la limite orientale : la Planche III où les ordonnées sont à une échelle plus grande que Planche I, est consacrée à cet examen. Nous y voyons notamment, outre les tracés des pluies annuelles de Nouméa, Sydney, Adelaïde, Hobart, Auckland, Oamaru, depuis 1897, les pressions moyennes annuelles de Sydney, Adelaïde et Hobart avec inversion du sens positif des ordonnées de façon à réaliser le parallélisme des tracés pluie et pression si la corrélation inverse se confirme. Disons de suite que dans une même station, Adelaïde, de 1857 à 1916, nous n'avons pu mettre en évidence une telle corrélation et que nous n'avons pas été plus heureux, soit à Sydney, soit à Hobart.

Nous voyons, Planche III, les tracés des pressions de ces trois stations se suivre en général et, faute de posséder les données qui eussent permis d'établir un tracé de ce genre à Nouméa, nous serons réduits à comparer les pluies de Nouméa aux pluies et pressions des autres postes de la Planche III.

Malgré la concordance de leurs tracés des pressions dans les limites de cette planche, les pluies de Sydney et Hobart sont généralement en opposition de phase, et nous avons pu le constater sur les tracés complets de 1841 à 1914. La concordance des tracés des pressions traduit simplement l'influence commune aux deux stations de la position de l'anneau austral des hautes pressions. Hobart, dans l'anneau, montre des pressions moyennes annuelles supérieures de deux ou trois millibars aux pressions moyennes annuelles de Sydney. Cette localité est à la limite de l'anneau, et soumise en hiver austral au régime des alizés de S. E. qui descendent ici par 30° S et plus, probablement à cause de l'anticyclone installé de mai à septembre sur le N. E. de l'Australie. Ces alizés sont humides et apportent à Sydney une partie de ses pluies. L'opposition des régimes des pluies prouve qu'elles ne dépendent pas essentiellement à Sydney et Hobart du régime commun des pressions, mais de quelque autre phénomène. Au surplus, Sydney est en dehors de la zone éprouvée par la sécheresse de 1914, alors que Hobart l'a subie.

Les tracés des pluies de Nouméa et Hobart demeurent bien parallèles au tracé inversé des pressions de Hobart de 1914 à 1934, mais c'est tout le contraire de 1897 à 1913.

Donc, ce n'est pas la seule distribution des pressions qui commande le régime des pluies de Nouméa.

Corrélation entre les températures moyennes annuelles et les pluies

Certains auteurs préconisent une telle corrélation plutôt que celle où intervient la pression. Pour Quayle (9), la prévision des pluies quelques mois à

l'avance entre Port Darwin et Albany peut se faire en suivant en Nouvelle-Guinée l'apparition d'anomalies dans les moyennes de *minima* de température.

Ces anomalies se propagent d'Est en Ouest, ce qui est rationnel (eu égard aux alisés), étant donné qu'il s'agit de prévoir des pluies d'hiver. En ce qui concerne la Nouvelle-Zélande, Kidson écrit en 1932 : « La corrélation entre la température et les précipita- « tions est généralement plus étroite ici que la corré- « lation entre la température et les taches du soleil. « Les années 1914, 1930, très froides, ont été très « sèches. Les années chaudes 1910, 1916, 1917, 1924 « ont eu des précipitations dépassant la normale en « beaucoup de stations ».

Toutefois, l'examen des coefficients de corrélation donnés par cet auteur semble singulièrement restreindre la portée des lignes citées plus haut.

En effet, ce coefficient a une valeur nulle à Wellington sur le détroit qui sépare les deux îles, tandis qu'il égale 0,41 à Auckland et traduit une corrélation inverse à Dunedin, au S. E. de l'île méridionale, où sa valeur est de — 0,26.

En Tasmanie, l'examen des tracés pluie-température de l'air, ne nous a révélé aucune corrélation à Hobart depuis 1841, et nous n'avons pas été plus heureux à Sydney depuis 1859. Si nous comparons entre elles les températures moyennes annuelles de ces deux stations, d'après les tracés de la Planche III qui sont rapportés au même zéro Fahrenheit, nous voyons que l'écart est de 10° F pour une différence de latitude de 9° seulement. On trouve comme points de concordance les minima de 1905, 1909, 1913. On peut admettre qu'en 1901 Sydney précède Hobart 1902. Quant aux maxima, Hobart 1892 concorde avec Sydney 1891-92 ; Hobart 1903-04 avec Sydney 1902-03-04, ceux de 1906, 1910 et 1914 sont communs. Nos documents montrent aussi des maxima concordants en 1882, 1886, 1889. Malheureusement, il est manifeste que vers 1871 les deux tracés devaient être en opposition prolongée, bien que les observations de Hobart, alors prises pendant quelque temps dans un bureau, soient faussées par le volant thermique de cette construction.

On doit néanmoins conclure que, pendant toute la longue suite où les températures moyennes de l'air à Sydney et Hobart suivent la même marche, les pluviosités de ces deux stations ont des marches opposées.

La corrélation entre température et pluie est donc directe dans une des stations (Sydney) et inverse dans l'autre (Hobart). D'où l'hypothèse suivant laquelle l'opposition des phases des pluies Sydney-Hobart serait due simplement à un déphasage, les facteurs renforçant la pluie à Sydney se faisant sentir un an plus tôt qu'à Hobart et peut-être même deux ans plus tôt à Nouméa, alors que les températures s'équilibrent sans retard.

Ceci nous a amenés à penser à l'influence de la température de la mer sur le climat.

Corrélation entre les pluies et la température de la mer en surface

E. Markus a montré (11) qu'au large la distribution des précipitations sur les océans concorde avec les anomalies de température en surface en sorte que les régions maritimes les moins arrosées sont aussi les moins chaudes (ou les plus froides). Le contraire peut se produire dans une mer quasi fermée comme la mer de Java qui sera notablement refroidie en surface, tant par les apports des fleuves de Bornéo que par les précipitations directes, en mousson d'Ouest au moment du maximum des pluies. Lorsqu'il s'agit des stations côtières ,on professe également que les courants froids amènent l'aridité et l'on cite en exemple la côte ouest de l'Union Sud Africaine baignée par des eaux polaires au sud de la limite des alizés ; — la côte Ouest du Pérou dans la zone des alizés qui sont censés avoir refoulé les eaux chaudes de surface en découvrant les eaux froides sous jacentes ; — la côte de Mauritanie et celles des Iles Canaries qui en sont les plus rapprochées et ne bénéficient pas de pluies de relief. Inversement, les courants chauds favorisent les pluies comme le montre l'influence du courant des Aiguilles, décharge par le canal de Mozambique des eaux échauffées de l'Océan Indien, qui procure au Natal et à la côte Est de la colonie du Cap un régime de pluies bien plus favorable que celui éprouvé par le sud de Madagascar, de Tuléar à Fort-Dauphin.

Qu'en est-il de cette corrélation dans le domaine maritime limitrophe de la Nouvelle-Calédonie auquel nous avons consacré la Planche III ?

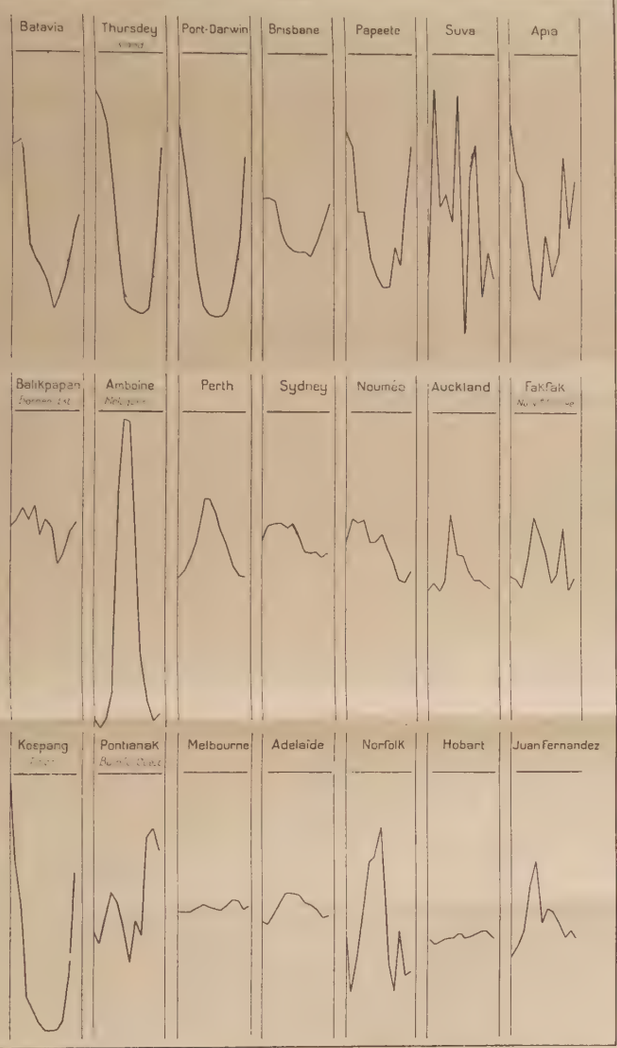
Tout d'abord, les grandes lignes de la circulation des courants y sont connues grâce aux travaux de l'hydrographe australien G. Halligan (12).

La dérive des eaux chaudes du courant équatorial, chassées par l'alizé de S. E. et déviées sur leur gauche par l'effet Coriolis d'autant plus sensible qu'on s'éloignera davantage de l'équateur, rencontre le continent australien, en sorte qu'une bifurcation se produit donnant naissance à un courant descendant le long de la côte orientale vers Sydney où la température moyenne annuelle de la mer en surface est de 18° 5 C environ. D'autre part, il existe un courant

- Pl. 2 -

Répartition annuelle des pluies

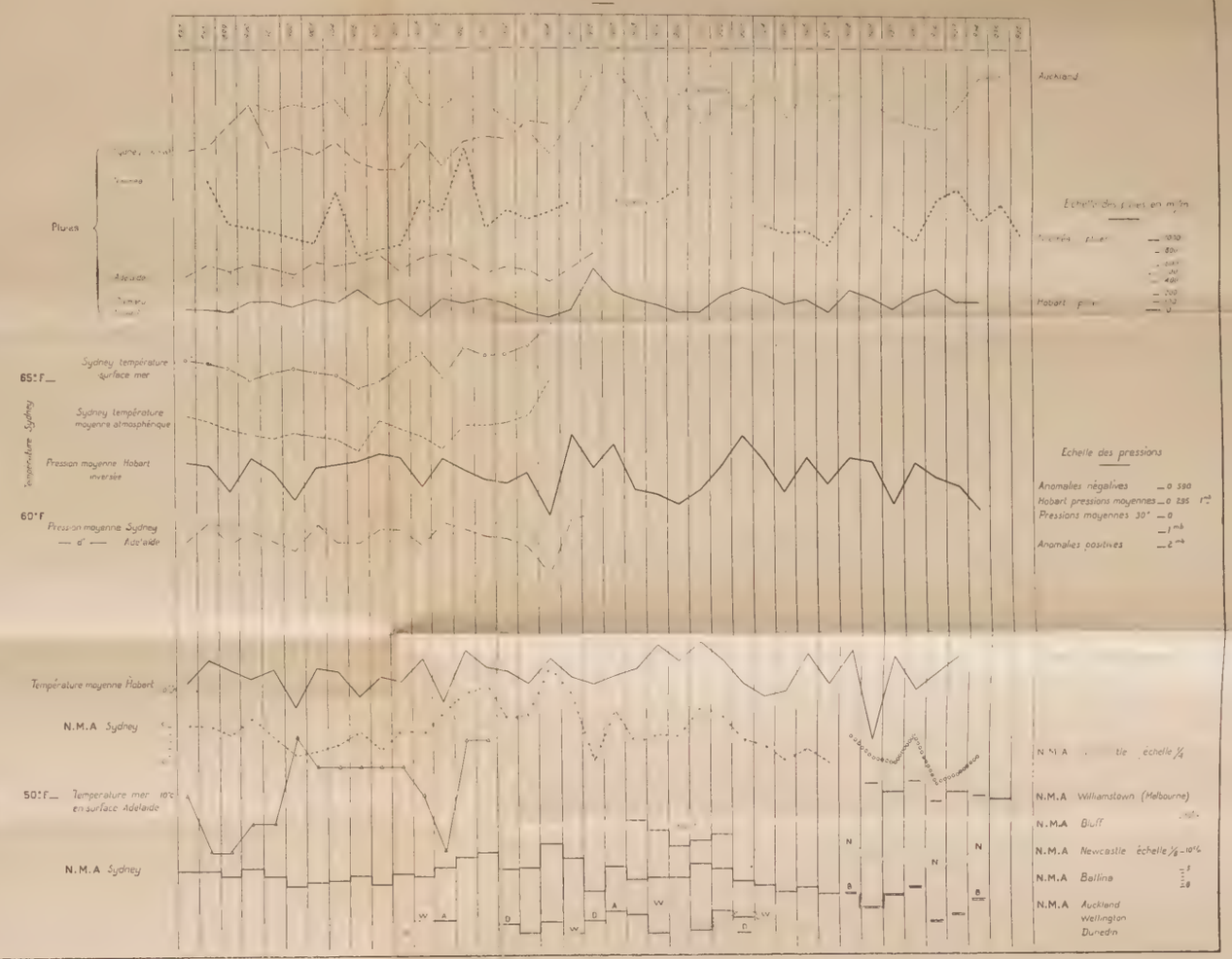
Echelle approximative 1 m/m 2 pour 1 pouce, soit 1/6



- Pl. 3 -

OCEANIE

Comparaison des pluies, pression, températures (mer et air.) et des niveaux marins moyens.



- Pl. I -

Examen synoptique des Pluies annuelles
en Océanie Française et mers voisines

1938

par J. Legrand
Ingénieur en Chef de la Compagnie Générale des Colonies

Tableau des positions géographiques

Océanie Française

Papeete	17°50' S	149°30' W
Botoarie	16°03' S	148°36' W
Papeary	17°44' S	148°18' W
Uturoa	16°44' S	151°28' W

Nouvelle Calédonie

Nouméa	22°16' S	166°09' E
[illegible]	20°25' S	164°32' E
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	20°45' S	166°02' E
[illegible]	21°13' S	164°50' E
[illegible]	21°31' S	165°20' E
[illegible]	21°38' S	165°46' E
[illegible]	21°41' S	166°24' E
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	22°27' S	166°55' E

Tonga-Tongatabou

Australie

Queensland		
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

froid Sud Australien qui est peut-être actionné à l'origine par les fraîches brises d'Ouest sur le flanc sud de l'anneau austral des hautes pressions, mais qui, à notre avis, est aussi appelé à remplacer les eaux mises en mouvement par l'alizé. Cette dernière considération nous paraît nécessaire pour expliquer comment les eaux froides longent la côte Ouest relativement aride de l'Australie et peuvent, en certaines années, être décelées jusqu'aux Andaman et sur les rivages de l'Inde.

Le courant Sud Australien se heurte au delà de la Tasmanie au courant chaud de Sydney, ce qui explique pourquoi aucun glaçon polaire ne passe entre la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande, alors qu'on en rencontre dans l'Est d'Auckland. Il doit se produire une circulation giratoire dans le domaine maritime limitrophe de la Nouvelle-Calédonie, car les flotteurs lâchés vers Sydney font route vers Nouméa. La branche du courant Sud Australien réchauffée a donc imposé sa direction vers le N. E. Il doit exister, à mi-chemin entre Nouméa et Sydney, une sorte de mer de sargasses et la régularité vantée du climat de l'Ile Norfolk doit tenir à sa présence.

Le passage du courant Sud Australien devant Adélaïde est révélé par la température moyenne très basse de la surface de la mer de l'ordre de 10° C. Suivant que le courant chaud ou le courant froid prendront le dessus dans le domaine étudié Planche III entre Sydney, Nouméa et Auckland, on doit s'attendre à ce que les calories (ou les frigories) véhiculées influent sur la température de l'atmosphère, et puissent augmenter sa teneur en humidité ou, au contraire, la dessécher en produisant ces bancs de brumes qui traînent devant les côtes arides. Jusqu'ici, rien que de classique, Mais nous attirons en outre l'attention sur ce fait remarquable que l'anneau austral des hautes pressions, ou si l'on préfère, la piste des anticyclones migrateurs que l'on peut voir se différencier sur la colonie du Cap, est rejetée dans le sud de l'Australie et remonte ensuite plus près de l'équateur au delà de la Nouvelle-Zélande pour se souder à un anticyclone permanent au large du Pérou. Et nous croyons formuler une proposition nouvelle en avançant que les eaux froides amenées par les courants en surface exercent un effet directeur sur les anticyclones, localisent les hautes pressions atmosphériques.

Si la piste des anticyclones migrateurs est déviée par le continent australien, c'est que ce dernier détourne le courant froid. Si elle ne remonte vers l'équateur que passé la Nouvelle-Zélande, c'est que le courant chaud de Sydney lui a barré la route. Cette action de localisation peut s'expliquer comme suit : la présence des eaux froides produit par contraction un courant aérien descendant et la pression doit augmenter.

Comment définir les eaux froides ? Ce sont celles dont la température moyenne est inférieure à celle de l'atmosphère.

Les eaux chaudes ont une température moyenne plus élevée que celle de l'atmosphère et relèvent son point de saturation. Le nombre de grammes d'eau par mètre cube augmentera toutes choses égales d'ailleurs.

On doit donc considérer comme naturelle une corrélation entre la température de surface et la pluie.

Nous avons figuré Planche III les tracés rapportés au même zéro Fahrenheit des températures de surface de la mer à Sydney et Adelaïde. Faute de posséder des observations de température de la mer en Nouvelle-Zélande, nous avons cherché à y suppléer, en reproduisant les niveaux marins moyens annuels N. M. A. déterminés (13) en quelques stations et à diverses époques à titre de surface de référence pour les nivellements de précision. Nous les rapprochons des N. M. A de Sydney, puis Ballina et Newcastle en Nouvelles Galles du Sud, et des N. M. A. de Williamstown (Melbourne) calculés pour diverses années en vue de l'étude du terme Ao présumé constant du développement harmonique des marées. Nous pensons pouvoir ainsi déceler les arrivées d'eaux froides par des minima des N. M. A. Il est prouvé, en effet, que la pression barométrique moyenne annuelle varie en sens inverse des N. M. A., mais n'est pas cause de leurs anomalies, qui subsistent lorsqu'on opère la correction basée sur le rapport des densités du mercure et de l'eau de mer.

L'explication par les variations d'intensité et de fréquence des vents dominants ne résiste pas davantage à l'examen. Les anomalies N. M. A. sont dues à des variations de densité des eaux et le rôle de la température s'avère plus important que celui de la salinité.

Nous voyons Planche III qu'à Sydney la température moyenne annuelle de l'atmosphère est toujours inférieure à celle de la mer en surface. En outre, sauf en 1900, la règle classique se vérifie. Les tracés des pluies et des températures de la mer sont parallèles.

Les anomalies des pluies de Nouméa sont souvent en avance sur Sydney où le refroidissement des eaux est retardé par suite de la circulation giratoire mentionnée plus haut. Les températures et niveaux fort

élevés de 1913-14 à Sydney soustraient cette station à la sécheresse générale de 1914 ; nos statistiques de température à Sydney ne vont pas au delà ; mais l'abaissement rapide du N. M. A. en 1915-16 témoigne de l'arrivée des eaux froides et l'on peut parier que la pluviosité s'est abaissée à son tour. La section descendante 1924-28 du tracé des pluies de Nouméa suit la marche descendante des N. M. A. Sydney. Le maximum des pluies Nouméa en 1928 cadre avec un maximum N. M. A Newcastle, dont le maximum de 1931 n'a d'écho qu'en 1932-33 à Nouméa. Les minima des pluies de Nouméa en 1934 et des N. M. A. Newcastle cette même année concordent.

Les pluies d'Auckland et de Nouméa paraissant en concordance Planche III, voyons ce qu'il en est des N. M. A. en Nouvelle-Zélande. D'abord, les pluies d'Auckland cadrent avec les N. M. A. Auckland, notamment pour le maximum de 1917, mais le maximum de 1920 est en avance sur les N. M. A.

Les afflux d'eaux froides paraissent toucher à la fois Sydney et les ports néo-zélandais, comme si les distances franchies par les courants froids étaient comparables. Le minimum N. M. A. Sydney 1916 retarde sur 1915 Wellington. Mais le palier bas 1918-19-20 à Sydney correspond à 1919-20 Auckland et 1920 Bluff (pointe extrême Sud néo-zélandaise). Il semble que Wellington et Auckland accusent un deuxième minimum en 1921 ; le palier de Sydney serait produit par l'arrivée successive de deux vagues froides différenciées en Nouvelle-Zélande. Notons que N. M. A. Dunedin (près Oamaru, pointe S. E. de l'île méridionale) offre un minimum en 1923 alors que Wellington et Auckland ont repris un niveau plutôt élevé.

Voyons maintenant les synchronismes de Hobart dont les pluies se trouvent, en général, en opposition de phase avec Sydney et qui est baigné par le courant froid sud-australien en amont de la bifurcation dont une branche se dirige vers Nouméa et l'autre vers Wellington sinon vers Bluff.

Les minima N. M. A. de Wellington et Auckland en 1908-09 cadrent avec un minimum des pluies et aussi un minimum profond de la température de l'air à Hobart. Les pluies de 1913-14-15 sont déficitaires à Hobart. Dunedin accuse un minimum N. M. A. en 1913 qui se relève en 1914 avec Sydney, le réchauffement de la mer entraînant un réchauffement de l'air à Hobart pour 1914 seulement, sans accroissement des pluies. Puis apparaît, en 1915, un niveau bas à Wellington retardé en 1916 à Sydney avec opposition d'un minimum de pluies Sydney et d'un maximum Hobart, Auckland, Adelaïde, Nouvelle-Calédonie. Les pluies de Hobart sont au plus bas en 1920-21, années de bas niveaux en Nouvelle-Zélande, comme on l'a remarqué plus haut.

En somme, il semble bien que les pluies de Hobart, suivant la règle classique, diminuent lorsque se produit un afflux d'eaux froides.

L'examen des températures de la mer à Adelaïde, située en amont sur le courant froid, donne lieu à des remarques beaucoup plus originales.

D'abord, la température moyenne de l'atmosphère demeure constamment supérieure à celle de la mer en surface qui est de l'ordre de 10° C et cependant le climat n'est pas aride. Les pluies sont réparties sur toute l'année, le minimum de 287 mm. en 1914 correspond évidemment à une sécheresse sévère dont toute l'Australie, la Tasmanie, la Nouvelle-Zélande ont souffert, mais non Sydney. Les années spécialement bien arrosées à Adelaïde ont été 1851, 1859, 1909, 1916 avec des totaux compris entre 703 et 784 mm.

En outre, la règle classique tombe en défaut. Plus les eaux sont froides et plus il pleut, et inversement. L'année de grandes pluies 1909 correspond à une température moyenne de surface exceptionnellement basse. Ces températures étant connues depuis 1872, la corrélation inverse se vérifie en 1880, 1883, 1885, 1891, 1893-1894, 1898, 1902, 1911 et manque trois fois seulement (1873, 1877, 1889). Il se produit un effet de brise de mer amenant à terre des grains dus à ce que le courant descendant provoqué par les eaux froides est relativement chargé d'humidité. Le front des perturbations dues à l'air polaire n'est, en effet, pas éloigné dans le Sud, et la situation est toute différente de celle qu'on observe à Iquique ; les voiliers chargés de nitrate qui louvoient pour gagner l'Europe par le Cap Horn ne retrouvent la bruine et la pluie qu'à 150 milles marins de la côte péruvienne et parfois à 400 milles seulement.

Nous noterons la concordance entre les tracés de la température moyenne de l'air à Hobart et de la mer en surface à Adelaïde. Malheureusement, nous n'avons pu poursuivre la comparaison au delà de 1910. Il s'ensuit une grande probabilité que le climat de Hobart soit réglé par le courant froid et comme sa statistique de pluies est fort étendue et sans lacunes et que ses anomalies sont restreintes, l'analyse de ce tracé offre un intérêt particulier pour la prévision du climat du domaine limitrophe de la Nouvelle-Calédonie disputé entre le courant chaud (branche du courant équatorial sud) et le courant froid sud-australien.

Rappelons que le spectre undécennal des minima

de Hobart est fort net avec des raies sur les deuxième, quatrième, sixième et onzième colonnes, ce qui correspond au rythme 2-2-5-2. Le spectre des maxima n'offre que deux raies bien nettes sur les première et dixième colonnes (rythme 9-2). Observons que ces spectres sont très différents de ceux d'Adelaïde, mais la suite qui a permis de les obtenir se prolonge pendant vingt-cinq années de plus. Se limitant à 1910, le spectre des minima perd une raie onzième colonne. Le spectre des maxima ne change pas. L'observation demeure valable.

Corrélations entre la température de la mer à Adelaïde et l'abondance des glaces australes en dérive ou les basses températures en surface dans l'Océan Indien.

Dans le mémoire célèbre (3) paru à Batavia en 1919 où le Dr Braak a exposé ses recherches sur la période de trois années aux Indes Néerlandaises et pays voisins, il a noté l'abondance des glaces en dérive dans l'Atlantique S. E. et sous les hautes latitudes de l'Océan Indien au cours des années 1883, puis 1892 à 1897, puis 1904 à 1907. Plus loin, il a cité des mesures de température faites régulièrement à bord des paquebots néerlandais en jetant à la mer au bout d'une corde un seau (qui ne doit pas être en toile) et prenant au dixième de degré la température de l'eau contenue dans le seau hissé à bord.

De 1880 à 1885, on a constaté un minimum de température dans le golfe du Bengale, qui se centre sur l'année d'abondance de glaces en dérive 1883. Cette dernière correspond à un minimum appréciable de la température de la mer à Adelaïde. Calcutta et Bombay accusent un nouveau palier bas en 1895-96 cadrant avec le palier 1895-97 plus prolongé à Adelaïde, et dont le début retarde de trois ans sur celui de l'abondance des glaces flottantes en 1892 pour prendre fin un peu avant ou en même temps que celle-ci.

Le minimum 1905-09 sur les côtes de l'Hindoustan, très creusé en 1909 à Port Blair (Ils Andaman) est déphasé par rapport à la suite 1904-07 d'abondance des glaces en dérive. Ce déphasage pris sur le vif peut expliquer les retards des grands minima de 1887 (sur 1883), 1898-99 (sur 1892-97) et 1909 à Adelaïde qui font suite en quelque sorte à des abaissements avant-coureurs provoqués par un premier afflux d'eaux polaires provenant des points les plus rapprochés du bassin antarctique, d'effets limités par l'inertie calorifique de l'état de choses antérieur ou, plus simplement, représentant un cube moindre que les émissions plus éloignées qui, à la vitesse des courants actionnés par les grandes brises d'Ouest et déviés sur leur gauche par l'effet Coriolis, mettent plusieurs années supplémentaires à atteindre Adelaïde où elles provoquent un grand minimum au lieu d'un simple palier bas. La configuration de l'Antarctide au Sud de l'Atlantique, la proximité relative de la Grande Barrière au Sud de l'Australie, aident à comprendre qu'un tel mécanisme à répétition soit possible et à prévoir en général la réalité physique d'ondes successives de même période dans les phénomènes du climat influencés par les afflux d'eau froide, soit en ce qui concerne la distribution des pressions barométriques, suivant notre suggestion, soit en ce qui touche les températures moyennes de l'atmosphère et, par suite, les points de rosée. Les trois grands minima cités retardent de quatre, sept et cinq ans sur les symptômes de grande activité thermique dans le bassin polaire austral (glaces en dérive aux latitudes de navigation usuelle), qui sont eux-mêmes en retard sur le phénomène de fusion renforçant les courants froids dont les glaçons ne sont que des témoins et non des causes, et de dislocation de la frange glacée de la calotte polaire. Ils coïncident avec trois maxima des pluies. Ceux compris sur la raie large 10-11 du spectre undécennal d'Adélaïde retardent de deux à trois ans seulement sur la raie 8 du spectre des maxima des taches. Il n'y a pas contradiction, car les maxima les plus nombreux seront ainsi en rapport avec le premier afflux faisant le trajet le plus court. Nous considérons donc comme vérifiée la corrélation du climat d'Adélaïde avec l'activité solaire, annoncée par nos devanciers, mais dont nous pensons donner ici une explication physique plausible.

Il resterait à examiner le cas de Perth sur un littoral baigné par des eaux froides, s'il y existe toutefois des suites suffisantes d'observations de la température de la mer en surface. On n'a malheureusement pas l'espoir d'y suppléer par des observations de Niveaux Moyens Annuels. Le spectre undécennal des minima des pluies accuse en somme une avance d'un an sur Adelaïde. Celui des maxima rapproché du spectre des maxima des taches peut s'interpréter comme suit :

La raie 9 retarde d'un an sur le soleil ; raie 3 = raie 14 retarde de six ans à deux ans seulement (à cause du maximum obtus) ; raie 6 = raie 17 retarde de neuf ans à six ans sur le soleil. On surprendrait ainsi trois afflux successifs d'eaux froides. Toutefois, nous ne pouvons rien affirmer encore, puisque nous ignorons si Perth, comme Adelaïde, est mieux arrosé lorsque les eaux littorales sont plus froides, en dérogation à la règle classique. Ce qui nous donne quelque

espoir, c'est que les tracés des pluies d'Albany et Perth se ressemblent beaucoup et qu'Albany, sur la côte méridionale, semble dans une situation analogue à Adelaïde. Quelques années d'observations si le Bureau central du Commonwealth en prend l'initiative, peuvent confirmer ou infirmer notre thèse.

Enfin, la prolongation des suites d'abondance des glaces est bien en rapport avec la forme obtuse des maxima de l'activité solaire lorsqu'ils s'étalent sur quatre années.

Cette activité doit se traduire également par un renforcement de la circulation des alizés et nous ne désespérons pas de trouver des cas où elle pourra être mise en évidence dans des stations dont les pluies dépendent essentiellement de ces brises qui, selon les circonstances, apportent ou non des pluies. (Amboine est dans ce cas. La raie des maxima du spectre undécennal est sur la huitième colonne, comme pour les taches).

De telles vérifications directes ne sont à espérer que pour des cas particulièrement simples, et nous pensons que, dans son ensemble, le problème de la prévision à l'échéance de quelques années du retour de la sécheresse par exemple, est compliqué par la multiplicité des ondes et leurs déphasages avec les cas d'interférences possibles se manifestant par l'affaissement de certains sommets et le comblement de certains creux des tracés statistiques.

Nous sommes de plus en plus convaincus que des statistiques de température en surface analogues à celles que tient maintenant le Conseil International pour l'Exploration de la Mer et que publie son Bulletin Hydrographique, seront d'une aide puissante pour débrouiller les faits essentiels du climat, à commencer par les régions maritimes où sont situées nos possessions d'outre-mer. La France peut apporter sa contribution en chargeant le Corps des Météorologistes coloniaux de noter les températures de la mer et N. M. A.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-mer*, fasc. 22 et 23, août et octobre 1937 (Statistiques annuelles des pluies des Colonies).
2. « World Weather », par Sir Gilbert Walker, réimprimé en mai 1938 par la *Monthly Weather Review* (Washington).
3. « Atmospheric Variations of short and long duration in the Malayan Archipelago and neighbouring Regions and the possibility to forecast them », par Dr C. Braak, dans les *Verhandelingen* de l'Observatoire de Batavia, fasc. 5, 1919.
4. « Further Researches into the possibility of long range forecasting in the Netherlands India », par Dr H. P. Berlage, 1934, Batavia.
5. « Sunspots and Rainfalls », par Ch. Meldrum (I. Maurice, Observatoire Royal, 1877).
6. « Some Periods in Australian Weather », par Edw. Kidson, dans le Bulletin nº 17, 1923, du Bureau of Meteorology, Commonwealth of Australia.
7. « The Climate of Australia during the hypothetical Jovian Cycles 1853-1876 », par Inigo Jones, Directeur of the Observatory and of the Bureau of Seasonal Forecasting. Croamhurst Obs. Paper Nº 7.
8. « Long Range Rainfall Forecasting from tropical (Port Darwin) air pressure », par E. T. Quayle, publié le 5 avril 1929 dans les comptes rendus de la Royal Society of Victoria.
9. Du même auteur : « Tropical control of Australian Rainfall », publié dans Bulletin Nº 15 du Bureau of Meteorology du Commonwealth.
10. « Regenverhaltnisse des Stillen Ozeans », par Julius Hann, dans *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie*, 1895, p. 445.
11. E. Markus a présenté le travail cité dans la *Meteorologische Zeitung*, octobre 1930, sous le titre « Meerestypen ».
12. G. Halligan : « The Ocean Currents around Australia », paru dans *Journal of Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, for 1921, pp. 188-195.
13. « Records of the Survey of New Zealand », Annual Report 1924-25, p. 19 (pour les N. M. A.).
14. « Statistiques des Pluies des Iles du Pacifique », publiées dans le Supplément Nº 28 de 1927 de la *Monthly Weather Review*, par W. Reed.
15. « Regenwaarnemingen in Nederlandsch Indie » (statistiques publiées par l'Institut Météorologique hollandais).
16. « The Australian Environment » (especially controlled by Rainfall), par Griffith Taylor, Melbourne, 1918, in Memoir Nº 1 *Advisory Council of Science and Industry of the Commonwealth of Australia.*
17. « The Climate and Meteorology of Australia », par Hunt, 1914, bulletin Nº 9 du Bureau of Meteorology.

18. « Foreshadowing Monsoonal Rains in Northern Australia », par H. M. Treloar, dans Bulletin N° 18 du même bureau. Melbourne 1924. Corrélation à 3 termes : Port Darwin, Honolulu, Buenos-Ayres.

19. « Results of Rainfall Observations made in Western Australia », Bureau of Met., 1929.

20. « Results of Rainfall Observations made in Queensland », par H. A. Hunt, 1914.

21. « Monthly and yearly meteorological elements and normals of Adelaïde », appendix to : Results of Rainfall Obs. made in Southern Australia and the Northern Territory, par H. A. Hunt, 1918.

22. « On the secular variation of the rainfall at Adelaïde South Australia », par E. A. Cornis in *Quarterly Journ. of the R. Met. Soc.* (Londres) oct. 36 (application des polygones de Legendre au lieu de l'analyse harmonique).

23. « Results of Rainfall Observations made in Tasmania », par W. S. Watt, Beau, etc.

24. « Weather Forecasting in New Zealand », par B. V. Pemberton, 1919.

25. « Rain Making Experiments at Oamaru, par D. C. Bates, 1907.

26. « Mean Rainfall in Northern Auckland », par Dr E. Kidson, Climatic Notes, N° 17, Wellington, 1937.

27. « Solar Variation and Rainfall in the Southern Region of Chili », par Julio Bastos Navarette, *Bulletin Obs. Santiago*, mai 1927 (minima tous les 7 ans.)

28. *Publications de l'Instituto Meteorologico du Chili*, notamment N° 29, relatif aux pluies de 1918 : « De la presion atmosferica en Chile y su relacion con las Lluvias » et Statistiques de l'Anuario Meteorologico.

J. Legrand,
Ingénieur,
Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique,
Ancien Enseigne de vaisseau.

Le cyclone antillais du 23 septembre 1935

La perturbation du 23 septembre 1935 est celle qui, depuis trois ans, a touché de plus près la Martinique. L'intérêt que ce météore présente réside dans les observations qu'on a pu faire, lors de sa formation, à l'Observatoire de la Martinique. Le cyclone s'est, en effet, formé dans le voisinage proche de l'île, tout au plus à une centaine de kilomètres dans le Sud ou dans le Sud-Est de Fort-de-France.

Les observations ont d'abord porté sur le secteur Nord. Puis, comme la perturbation a dépassé la Martinique en se dirigeant vers le Nord, la deuxième partie des observations se rapporte aux conditions qu'on rencontre dans le Sud d'un cyclone (voir figures p. 185 à 188).

Malheureusement, l'existence trop courte de ce météore, sa faible intensité et le manque de renseignements extérieurs ne permettent pas de généraliser l'enseignement qui résulte des observations faites.

Les manifestations, somme toute insignifiantes, de la tempête et ce manque de renseignements extérieurs ont même obligé d'utiliser pour son étude une méthode particulière dont on trouvera l'exposé dans la présente note. L'ordre adopté ici est le suivant :

1° Examen synoptique du champ atmosphérique ;
2° Description du temps à la Martinique ;
3° Analyse des observations de l'Observatoire.

I. — Examen synoptique du champ atmosphérique

Du 17 au 27 septembre 1935, les hautes pressions de l'anticyclone atlantique s'étendaient jusqu'à la côte septentrionale de l'Amérique du Sud. En même temps on pouvait distinguer autour de la Martinique trois régions thermométriques : mer des Antilles, air chaud ; océan, entre les 20 et 30èmes parallèles, air moins chaud ; océan, à l'Est du 60° long W et au Sud du 20ème parallèle, température intermédiaire.

En étudiant les cartes successives qui se rapportent à cette période, on est obligé d'exclure toute idée

d'invasion froide venant du Nord. L'air frais situé au Nord des Bermudes n'est, à aucun moment, descendu vers la région tropicale.

Il semble bien possible, au contraire, qu'il y a eu des apports d'air froid provenant de l'Amérique du Sud. On n'a pas été en mesure de vérifier cette supposition, mais l'examen des températures indique un maximum vers le 18ème parallèle ; la croissance vers le Sud s'arrête à partir de cette latitude. Il n'y aurait rien d'étonnant que la côte guyanaise ait pu fournir de l'air à 25-26°. Il n'a pas paru utile de compléter cet examen thermométrique de corrections hygrométriques. Toutes les masses aériennes en présence ont une origine plus ou moins récente maritime et le réseau des observations est beaucoup trop relâché pour permettre une étude véritablement synoptique de la température (on s'est servi de l'ensemble des observations faites pendant les dix jours par les navires en mer).

En somme, l'examen d'ensemble de la situation ne laisse paraître qu'une très grande régularité de la structure du champ.

Il en est tout autrement quant à l'examen de détail des cartes synoptiques de la région du 22 au 25 septembre (fig. 1 à 5). On constate que la perturbation a suivi une trajectoire tracée dans la marge occidentale d'un anticyclone. Elle a été précédée par une petite dépression et suivie par une autre encore moins prononcée. On s'est trouvé comme toujours en présence de noyaux de pressions (dans d'autres notes, le terme « noyau » a été assimilé à un élément d'onde, le champ de la région antillaise pouvant être expliqué par une superposition d'ondes de différentes périodes, de vitesses de propagation différentes et parcourant des trajectoires autonomes) dont la longueur d'onde a été de 500 kilomètres (fig. 1) pour les noyaux courts et de 2.000 kilomètres environ pour les noyaux longs (fig. 3). L'examen dynamique de ces noyaux a déjà été fait dans une note consacrée aux cyclones des Antilles en 1935 (*Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer*, N° 18) ; il n'est, par conséquent, pas utile d'y revenir.

Le 22, à 12 h. T. M. G., les noyaux à courte période affectent seulement l'extrême Sud de la région. Le vent à Trinidad est au Nord-Nord-Est. Tout le Nord de l'Archipel est soumis au régime anticyclonique et le vent d'Est qu'on observe indique le passage de la dorsale due à un noyau de 2.000 kilomètres. Le vent anormal de Trinidad indique une dépression à l'Est ou au Sud-Est de cette île.

Le 23, à 12 h. T. M. G., le vent est au Nord-Est à la Dominique, à la Martinique, à Sainte-Lucie et à Barbade. Il est venu au Sud-Est à Trinidad. On aurait pu conclure sans cette dernière station que la dorsale signalée la veille s'est déplacée vers l'Ouest et qu'à l'Est des Antilles, il existe une vaste région dépressionnaire avec possibilité de formation de cyclone vers le 50° Long. W. (cas typique). Seulement, le vent du S.-E. à Trinidad ainsi que la pression relativement élevée dans cette station démentent cette hypothèse et permettent de conclure à l'existence de hautes pressions à l'Est des Antilles. Dans ces conditions, le vent du N.-E. sur les autres stations est anormal et constitue un symptôme d'une dépression étroite placée entre Trinidad et Barbade. Le cyclone a-t-il existé en ce moment déjà ? Ceci est fort possible, il aurait seulement fallu que son diamètre soit extrêmement réduit. Mais ces faibles dimensions ont été observées ailleurs. Ainsi, pour une perturbation d'une nature encore non précisée observée à la Martinique, le 23 juin 1936, on a constaté du vent force 9 dans le Nord de l'île avec dégâts matériels, une augmentation à peine remarquée de la vitesse du vent dans le Sud de l'île, et les renseignements parvenus de la Dominique (à 40 kilomètres de la Martinique) n'ont rien signalé d'anormal. La perturbation du 23 juin 1936 n'a donc affecté qu'une région très étroite de l'ordre d'une centaine de kilomètres. Au cours de l'année 1937, une centralisation abondante provenant de la région située par 15° N et 45° W a mis en évidence un véritable cyclone dont le diamètre ne dépassait pas 75-100 kilomètres. On peut donc admettre qu'une tempête existait le 23, à 12 h. T. M. G., au S.-W. de Barbade. Il est, par contre, impossible de la supposer existant avant, car la trajectoire, comme on le verra plus loin, lui aurait fait toucher l'île de Tobago. Or, rien n'a été signalé de ce côté.

La Martinique s'est trouvée prise dans le mauvais temps (sans vent fort), à partir de 20 h. T. M. G. Le temps normal s'est rétabli seulement assez tard dans la matinée du 24. On peut en conclure que, dans la journée du 23, le cyclone s'est rapidement agrandi. La carte du 24, à 0 h. T. M. G., montre du vent (presque nul) du secteur S.-S.-E. à la Martinique. Il est, par conséquent, certain que le centre de météore avait déjà traversé à cette heure la chaîne des Petites Antilles. On peut aussi noter qu'il continuait à se creuser et à s'élargir car le vent, comme on le verra, a atteint à la Martinique sa plus grande force seulement trois heures plus tard.

La carte du 24, à 12 h. T. M. G., a donné quelques certitudes sur les dimensions et la position du cyclone. Elle indique le vent du N. (toujours faible) à Saint-

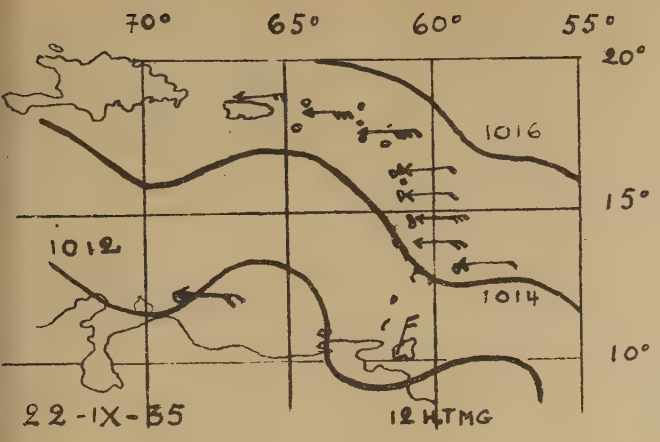


Fig.I

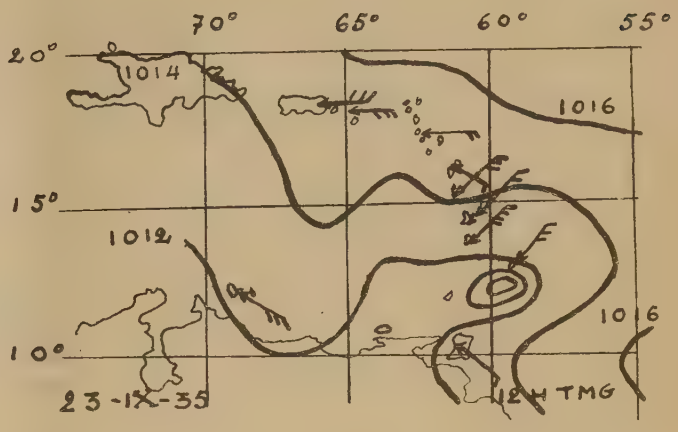


Fig.2

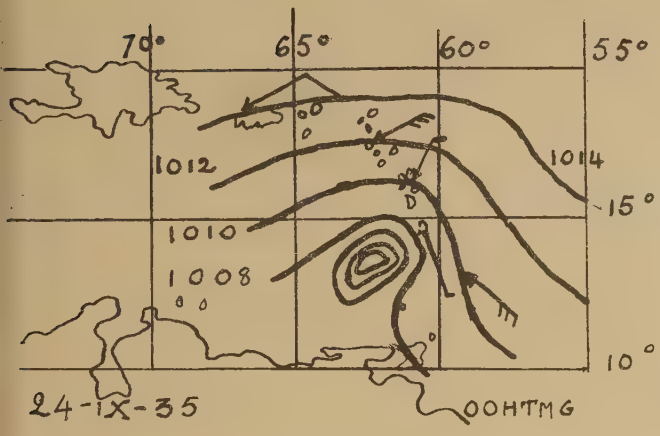


Fig.3

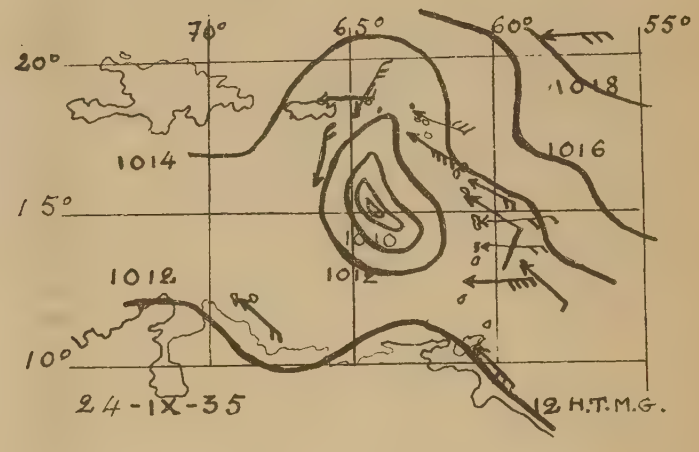


Fig.4

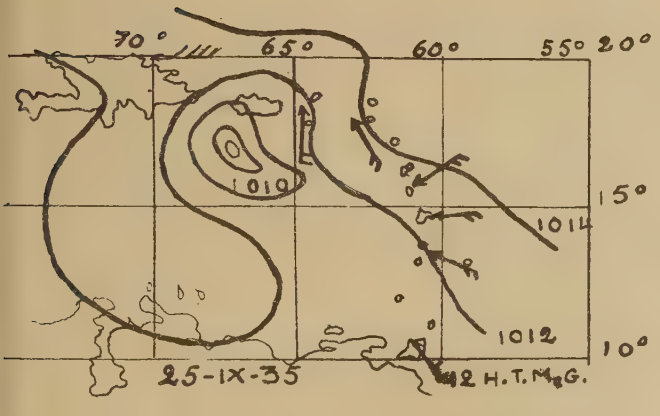


Fig.5

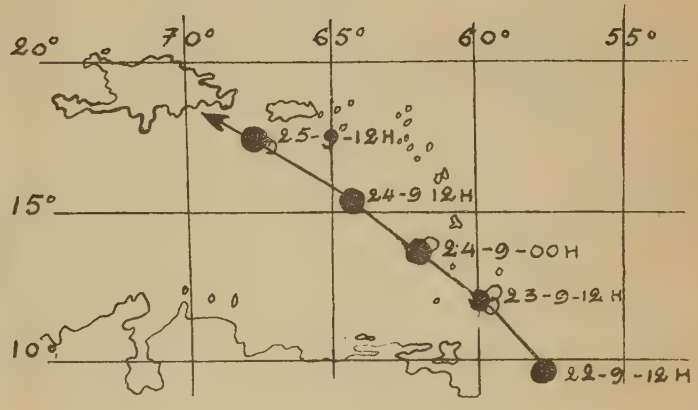
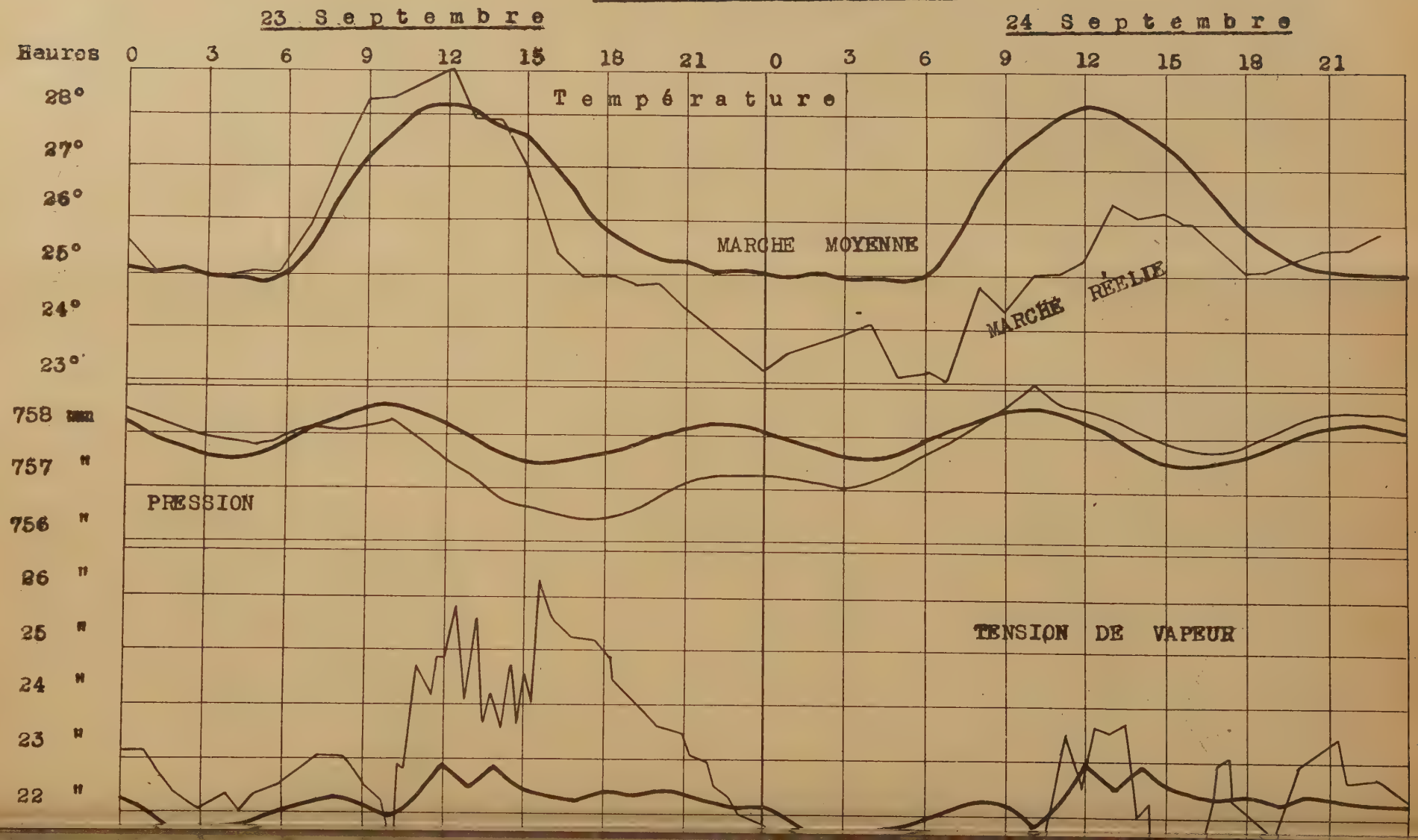


Fig.6

CYCLONE DU 23-24 IX. 1935



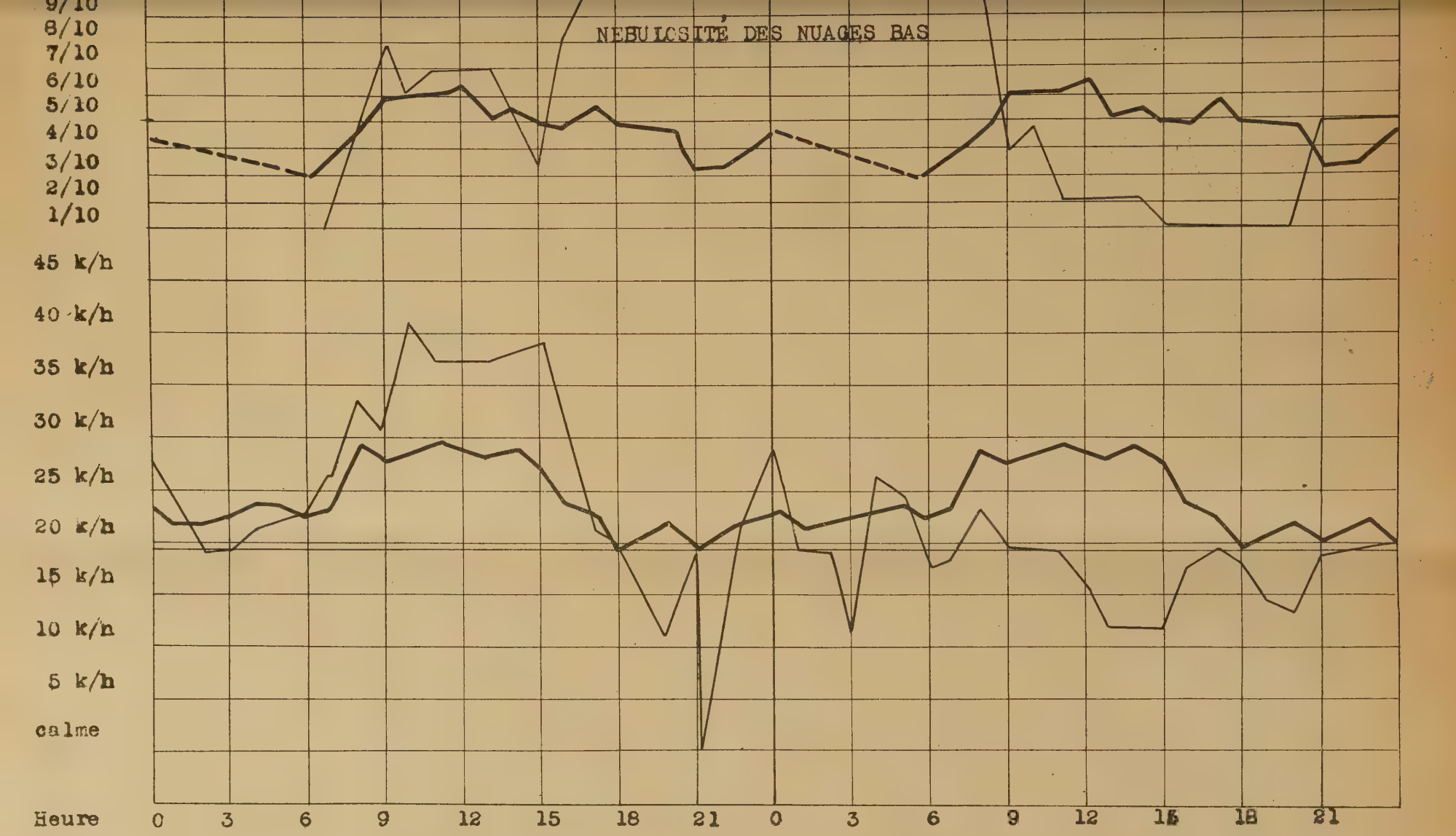

NEBULOSITÉ DES NUAGES BAS
9/10
8/10
7/10
6/10
5/10
4/10
3/10
2/10
1/10
45 k/h
40 k/h
35 k/h
30 k/h
25 k/h
20 k/h
15 k/h
10 k/h
5 k/h
calme
Heure
0 3 6 9 12 15 18 21 0 3 6 9 12 15 18 21

Fig.7

CYCLONE DU 23-24 SEPTEMBRE 1935.

GRAPHIQUES DES ECARTS DE MARCHE.

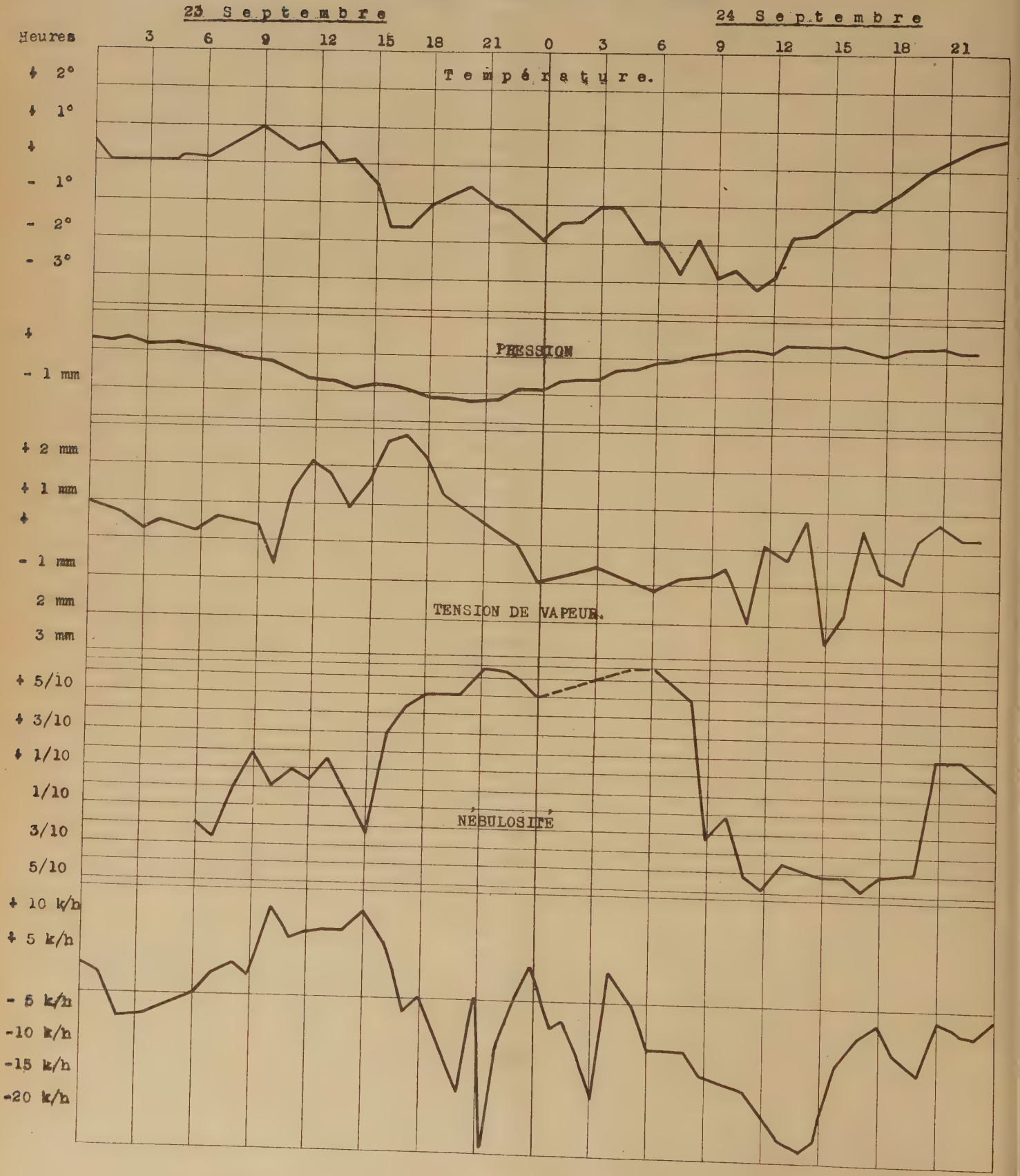


Fig.8

Thomas et en mer, par 16° N.-66° W. Le vent est normal sur les îles au Sud du 15° N. et il est du Sud-Est au Nord de cette latitude.

Le 25, tous les vents observés peuvent être expliqués par les formations anticycloniques. Les informations américaines, notamment celles provenant de Porto-Rico, indiquent néanmoins l'existence du cyclone dans le Sud de Mona. La carte du 25 (fig. 5) situe la tempête et en donne les dimensions maxima admissibles. Il est certain que le météore s'est rétréci.

Le 26, on signale un centre cyclonique au Sud de Saint-Domingue. Mais aucune observation ne confirme cette tempête. De plus, la carte du 26 s'oppose au dessin d'un cyclone dans cette région. Tout au plus aurait-il les dimensions d'une trombe. Le 27, on trouve une circulation anormale des vents au Nord-Est d'Haïti, mais cette fois, le réseau des observations est suffisamment dense pour permettre d'affirmer que la tempête n'existe plus.

La fig. 6 résume les cartes précédentes. Les positions du cyclone y sont rapportées et dessinent la trajectoire qu'il a parcourue. Le météore n'a pas duré plus de deux jours. Au moment où il était le mieux différencié, il se trouvait trop éloigné des stations d'observation. Dans la nuit du 23 au 24, il est passé à une distance de 100-150 kilomètres de l'Observatoire de la Martinique, mais ses dimensions réduites en ce moment n'ont permis que des observations tout-à-fait en marge du météore.

II. — Description du temps a la Martinique

On a admis que le cyclone était formé dès la matinée du 23. Le début de la journée du 23 peut donc être caractéristique pour le temps qui règne dans le Nord d'une perturbation. La matinée était belle. Malgré le vent du N.-E., l'air était chaud et le ciel sans nuages supérieurs parcouru seulement par des cumulus de beau temps. La seule observation intéressante est venue du camp de Balata qui abrite en cette saison, en raison de l'habituelle fraîcheur qui y règne, de nombreux citadins. Or, dans la matinée même, il a été signalé qu'il faisait particulièrement chaud à Balata. La différence de température entre Fort-de-France et Balata est de 3° (450 m. d'altitude), il faut supposer que le gradient décroissant avec l'altitude était sinon supprimé du moins fortement diminué dans la matinée du 23. La clarté du ciel, la bonne visibilité, contribuaient de leur côté à faire admettre, *malgré le vent du secteur Nord*, une invasion d'air chaud. La force du vent n'a cessé de décroître au cours de la matinée. Ce n'est que vers 18 h. T. M. G. (14 h. locales) qu'on a aperçu à l'horizon Sud-Est et Sud de nombreux stratocumulus et, tout-à-fait à l'horizon, quelques panaches de cirrus. Leur observation a d'ailleurs été de courte durée, car dès 19 heures le ciel était complètement couvert et la pluie fine a commencé à tomber. En ce moment, on n'a pas observé de grain mais, progressivement, le vent a repris de la force. La densité de la pluie elle aussi augmentait progressivement et, vers 0 h. T. M. G., la précipitation affectait le caractère d'une grosse averse. En même temps ont commencé dans le Sud et dans le Sud-Ouest les manifestations électriques. Le vent est venu assez brusquement au S.-S.-E., mais sa force ne dépassait pas 1 à 2 mètres par seconde. Le calme était encore sur Fort-de-France quand, vers 1 h. T. M. G., parvenaient à l'Observatoire des avertissements, non sollicités, des communes du Sud de l'île (Vauclin et Sainte-Anne, notamment), signalant l'arrivée du vent de force rapidement croissante. Peu de temps après, l'orage et le grain étaient sur l'Observatoire. La pluie préfrontale déjà assez forte s'est transformée en averse torrentielle. Les rafales de vent du S.-E. ont atteint vers 02 h. 30 T. M. G. 20 m/sc, mais presque aussitôt après, le vent a commencé à décroître. A 6 h. T. M. G., la pluie cessait et, à 12 h., le ciel était parcouru par quelques stratocumulus isolés qui ne s'opposaient pas à l'observation d'un voile de cirrostratus étendu.

Aucun dégât d'aucune nature n'a été signalé. La population a été avisée le 23, par la voie du bulletin, d'une situation anormale, mais aucune alerte ni même aucun avertissement n'ont été donnés.

Par conséquent, l'observation directe du temps pendant les journées du 23 et du 24 septembre 1935 n'aurait pas permis de tirer des conclusions sur le météore, d'autant plus que le baromètre n'a baissé que de quelques millimètres et que la pluie et le vent pouvaient facilement être rattachés aux manifestations courantes de la marge anticyclonique (front tropical). La fig. 7 représente schématiquement l'évolution du temps pendant ces 48 heures.

III. — Analyse des observations de l'Observatoire

On vient de voir que le temps qui accompagnait le passage du météore dans les parages de la Martinique se différenciait peu du temps normal. Aussi, pour éclaircir les caractères propres de cette situation, il a semblé utile d'employer une méthode de compa-

raison avec le temps moyen. Cette méthode est appliquée surtout pour discriminer d'après les simples observations locales les caractères thermiques des masses atmosphériques qui touchent la Martinique. Toutes les variations des facteurs météorologiques se trouvent généralement masquées par les changements périodiques (marée barométrique, variations diurnes, etc...) et par les accidents de courte durée et d'une signification purement locale. D'autre part, les variations de plus longue durée, saisonnières et annuelles, s'opposent à la définition de caractères normaux ayant réellement existé pendant une période donnée. Il semble permis d'admettre qu'il existe une période d'une durée minimum pendant laquelle des types de temps opposés (invasions froides et invasions chaudes) sont suffisamment représentés pour ne plus influencer d'une façon sensible les moyennes. En calculant ces moyennes heure par heure pour la période considérée, on diminue aussi l'importance des accidents locaux. On obtient la marche diurne des facteurs étudiés. Si la période est assez courte, les graphiques obtenus doivent représenter le temps normal qui aurait été observé pendant la période considérée en dehors de toute perturbation. Pratiquement, on admet que pendant 10 ou 15 jours les variations de grande période n'ont pas eu le temps de se manifester et que, d'autre part, les perturbations qui ont une période bien plus courte s'annulent dans les moyennes horaires. On calcule ainsi les graphiques de variation moyenne diurne pour tous les facteurs qu'on désire étudier et on compare ces graphiques avec ceux établis directement pour le jour considéré. Cette comparaison a lieu à l'aide d'une soustraction et le résultat est consigné sous forme d'un graphique d'écarts. Pour augmenter les chances d'obtenir un graphique moyen aussi typique que possible, on choisit la période en plaçant la date du phénomène à étudier au milieu de la période en question. Ainsi, pour le cyclone du 23, les moyennes horaires ont été calculées depuis le 18 et jusqu'au 29. On remarquera qu'il serait imprudent d'attribuer une valeur quantitative rigoureuse aux graphiques des écarts. D'autre part, il est certain que cette méthode n'est d'aucune utilité pour l'étude des phénomènes dont l'intensité en amplitude dépasserait nettement l'ordre de grandeurs des variations habituellement enregistrées. Pour un cyclone bien caractérisé, notamment, l'idée d'utiliser cette méthode ne se présente pas.

La fig. 7 représente les moyennes et la marche horaire réellement observées le 23 et le 24 septembre. Il ressort de l'examen des moyennes que la variation diurne est importante pour la température et pour la pression. La nébulosité des nuages bas et la vitesse du vent ont une marche diurne moyenne d'une amplitude moins forte. La variation moyenne accusée par la tension de vapeur est nettement en disproportion avec la variation réelle. Le concours qu'apportera dans ce dernier cas la méthode des écarts sera donc peu appréciable.

La température appelle une remarque. Il ne faudrait pas tirer de conclusion sur la qualité de l'air en rapport par exemple, avec son origine, si la variation dépend essentiellement des conditions locales : de l'insolation. C'est ici que la graphique de la nébulosité rend service en permettant de constater qu'aux heures des maxima la nébulosité ne s'est pas écartée de la normale le 23 et qu'elle a été nettement inférieure à la normale le 24. Cette constatation rend possible l'utilisation des graphiques de température en vue d'un examen des qualités thermiques de l'air. La nébulosité ne constitue pas en elle-même un graphique continu ; en effet, pour les valeurs inférieures à 10/10, il pourrait exister une corrélation entre le tracé du graphique de la nébulostité et un autre quelconque. Dès que la valeur maximum (ciel entièrement couvert) est atteinte, il n'est plus permis de formuler des hypothèses sur ces corrélations, car la quantité des nuages est inconnue, on sait seulement qu'elle est égale ou supérieure à celle qui correspond à un ciel couvert. Au surplus, la nébulosité n'a pas été enregistrée, elle résulte des observations directes et les valeurs concernant la nuit manquent. En ce qui concerne le vent, le graphique correspondant a été formé en partant de l'enregistrement de l'anémomètre totalisateur. On a rapporté le nombre de kilomètres parcourus par le vent en une heure pour les heures correspondantes. Pour mieux faire ressortir l'allure réelle de la variation du vent, on a cependant tenu compte du calme complet observé pendant plus d'un quart d'heure vers 21 h. le 23 (heure locale). On peut aussi noter que les rafales ayant suivi ce calme ont été les plus fortes parmi celles observées pendant tout le passage du cyclone. A 21 h. 40 (heure locale), on a enregistré des rafales dépassant 20 m/sc (72 kh.).

La fig. 8 contient les graphiques des écarts. Les deux premières courbes : température et pression représentent chacune un minimum. Celui de la température a lieu à 11 h. le 24 septembre et celui de la pression vers 18 heures le 23. D'autre part, le graphique suivant, celui de la tension de vapeur, présent une discontinuité entre 18 h. et 23 h. le 23. Ce dernier graphique semble indiquer qu'on a été en présence d'au moins deux masses d'air différentes :

'une très humide, l'autre relativement sèche. Il existe d'autre part un certain synchronisme dans la marche des graphiques de la pression et de la tension de vapeur. La hausse de la pression a assez exactement coïncidé avec la baisse de la tension de vapeur. Il est permis de croire que l'air plus lourd et moins humide (malgré la pluie qui a commencé bien avant 18 heures le 23) était d'origine subtropicale (on a vu cependant qu'il n'était pas possible d'en rechercher les origines dans l'air polaire qui est resté tout le temps au Nord du 30° N). La courbe de la température accepte cette hypothèse. En effet, entre 16 heures le 23 et midi le 24, la température a été dans l'ensemble moins élevée qu'au début et à la fin du graphique. On peut donc admettre qu'une vaste région froide occupait le centre (local) de la perturbation.

On a déjà signalé, dans la description du temps local, une invasion d'air très chaud dans la matinée du 23. La courbe de la température présente, en effet, un bombement assez net à partir de 6 ou 7 heures. C'est à la même heure approximativement que l'écart barométrique traverse l'axe des zéro. La tension de vapeur n'offre pas le même synchronisme. Il y a bien une augmentation très marquée de l'humidité dans la matinée, mais seulement quelques heures plus tard. On pourrait dire que l'augmentation de la tension de vapeur a été un phénomène local provoqué par les conditions que réalise l'arrivée d'une masse chaude. De toute façon, la hausse de la température et la baisse du baromètre semblent bien prouver que la masse froide dont il a été question a été précédée d'une masse plus chaude que l'air qui occupait la Martinique avant le passage du cyclone. Cette masse chaude avait un très faible développement en surface, en liaison soit avec l'éloignement du centre de la perturbation, soit avec l'état évolutif du cyclone au moment où elle a été observée.

L'examen des écarts de la nébulosité confirme l'existence d'une situation particulière dans la nuit du 23 au 24. Le vent offre deux maxima qui correspondent bien au passage des deux masses signalées. Le graphique permet aussi de conclure à un gradient plus serré dans la partie chaude (le contraire a été observé dans presque tous les autres cas de cyclone naissant) que dans la partie froide.

En reprenant les faits exposés, on doit admettre que dans la partie N.-E. du cyclone la perturbation débute par un front chaud auquel succède un front froid suivi lui-même d'un nouveau front chaud (retour aux conditions initiales). Reste énigmatique l'origine de ces masses d'air. A défaut de renseignements complets (enregistrement) provenant d'autres stations, on est limité à formuler des hypothèses.

L'arrivée directe de l'air polaire semble complètement exclue par l'examen des cartes précédant la perturbation. Au Nord des Antilles il y avait un anticyclone stable, l'air polaire ne pouvait descendre vers le Sud que très loin à l'Est des Antilles ; or, la perturbation s'est formée sur les Antilles mêmes. On pourra suggérer des transferts d'air froid en altitude. Des cas existent et ont même été signalés pour l'anticyclone de l'Atlantique. Les faits qui s'opposent à cette hypothèse sont, en premier lieu, l'invraisemblance d'une telle situation du point de vue durée : l'anticyclone, au sol, s'étendait jusqu'aux Bermudes ; or, l'anomalie signalée ne pourrait s'appliquer qu'à quelques heures et aurait comme répercussion des perturbations bien plus vastes. Au lieu de rechercher l'origine de l'air froid dans un processus thermodynamique exceptionnel, il semble plus prudent de la situer dans le Sud : rien ne s'oppose à ce que sur le continent Sud Américain il ait pu exister au voisinage de la côte une invasion d'air froid de l'hémisphère Sud. Air ancien thermiquement peu différencié de l'ensemble de l'atmosphère qui recouvre ce continent, mais nettement opposé à celui très chaud de la mer des Antilles. La carte de la figure 1 avec le vent du N.-N.-E. (vent chaud appartenant à la masse atmosphérique de la mer des Antilles) est le premier effet de la rencontre de ces deux masses. Telle a pu être l'origine du cyclone. Privé de sa source froide, la perturbation est allée s'alimenter en air océanique frais, mais peu différent de celui de la mer des Antilles. Et ceci serait alors la cause de sa faible intensité d'abord et de sa courte durée ensuite.

Comme il a été dit au début de cette note, le caractère exceptionnel de ce petit cyclone n'autorise pas la généralisation des phénomènes observés. On peut néanmoins retenir, comme ceci a eu lieu dans de nombreux autres cas observés, qu'il a fallu pour décrire le météore faire intervenir trois masses thermiquement différentes. De plus, on remarque que, dans le cas actuel, l'hypothèse d'un rôle actif joué par le champ atmosphérique de l'hémisphère Sud paraît encore très vraisemblable.

Fort-de-France, le 10 mai 1938.

S. Frolow.
Ingénieur-Météorologiste des colonies.

NOTES ET INFORMATIONS

La **section d'Hydrologie Scientifique** (Comité national français de Géodésie et Géophysique) s'est réunie le 28 octobre 1938 au Ministère des Travaux Publics, sous la présidence de M. Diénert, Vice-Président. Ont été nommés : Président, M. Diénert ; Vice-Président, M. Guilbert. Au cours de cette réunion, le rapport de la Commission des mesures a été déposé et les rapports concernant le Congrès de Washington de 1939 ont été préparés.

La **Commission française pour l'étude des calamités** s'est réunie le 22 novembre 1938 au Ministère de l'Education Nationale, sous la présidence de M. Sorre, Directeur de l'Enseignement du 1er degré. M. Alix a présenté une communication sur la destruction des nuages à grêle dans la région de Lyon, et M. Pardé a fait part de ses études sur les relations entre les débits fluviaux et les précipitations dans le bassin du Rhône.

Les **sections de séismologie et de volcanologie** (Comité National français de Géodésie et Géophysique) se sont réunies le 22 novembre 1938, au Palais de l'Institut, sous la présidence de M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. Les rapports des sections ont été présentés par MM. Rothé et Michel-Lévy. Les commissions ont examiné la participation des sections au Congrès de Washington de 1939. Elles ont envisagé les moyens de développer les études dans certains de nos territoires d'outre-mer, en particulier à la Réunion. M. Bruzon, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial, a été proposé pour faire partie des sections. Sa nomination sera soumise à la prochaine Assemblée générale du Comité français.

Le **Chef du Service Météorologique de la Côte française des Somalis**, M. Lapayre, a établi un rapport sur l'alimentation en eau potable du chef-lieu de la colonie.

La **Commission française de l'Année Polaire** s'est réunie le 21 novembre 1938 à l'Institut de Géographie, sous la présidence de M. Fichot, membre de l'Institut. Elle a décidé notamment la publication du 3e volume la participation française à l'Année Polaire. Ce volume sera consacré à la Météorologie.

BIBLIOGRAPHIE

WEGENER (Alfred). — **La genèse des continents et des océans.** Nouvelle traduction française par Armand LERNER. Un vol. in-8° de VIII-236 p., 63 fig. Paris, 1937. (Nizet et Bastard, Edit.).

Il n'est point de géologue, point de géophysicien, qui ne s'intéresse à la théorie des translations continentales, imaginée par A. Wegener.

A l'appui de cette théorie, l'auteur a accumulé une masse exceptionnelle de documents : plus de 500 ouvrages sont cités en référence. Les arguments se multiplient avec rapidité et se recoupent avec précision. Aussi le lecteur est-il d'autant plus près d'être convaincu que, du point de vue biologique ou paléontologique, l'ancienne hypothèse des « ponts » intercontinentaux est beaucoup moins séduisante que celle des « translations ».

Cependant la théorie de la « dérive » trouvera sans doute encore des résistances. Si tout le monde est d'accord quant à la possibilité, pour les blocs de l'écorce terrestre, de flotter sur le *sima*, si tous les géologues admettent, sans discussion, une communication ancienne entre l'Afrique et le Brésil, certaines preuves « décisives » données par Wegener relativement aux translations ne sont pas très convaincantes. On n'en citera ici que deux exemples.

Du point de vue géodésique le déplacement des continents repose sur certaines déterminations de longitudes faites avant 1930. Or les déterminations plus récentes, faites avec un soin tout particulier, ne fournissement plus d'arguments en faveur d'une dérive quelconque.

Du point de vue géologique, la soudure de l'Amérique du Sud et de l'Afrique se trouve déduite par Wegener aussi bien des directions structurales que du dessin des côtes. Or l'interprétation de la tectonique africaine, tirée comme beaucoup de déductions de l'ouvrage, de travaux de seconde main, a abouti à un contresens : les mouvements anciens ont été pris pour des mouvements récents, et réciproquement.

Peut-être suffirait-il, pour trancher la question de la soudure du Brésil et de l'Afrique, de rapprocher les cartes géologiques détaillées des deux pays pour les parties présumées correspondantes. Mais il faut reconnaître qu'une telle expérience est loin d'avoir le charme, si prenant, de la lecture de l'ouvrage de Wegener.

L'Éditeur-Gérant : R. PINARDON.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1938

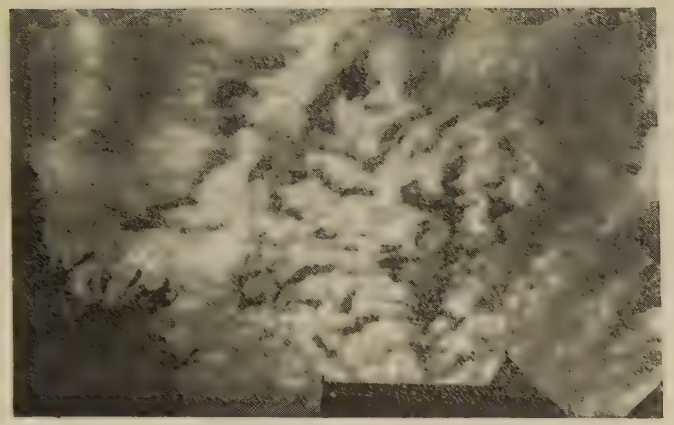


Fig. 1. — Structure genre **mammatus** dans stratocumulus
(9 octobre 1936, 15h55m) ⟶ NNW

Fig. 2. — **Mammato** isolées
(11 mai 1937, 14h) ⟶ N

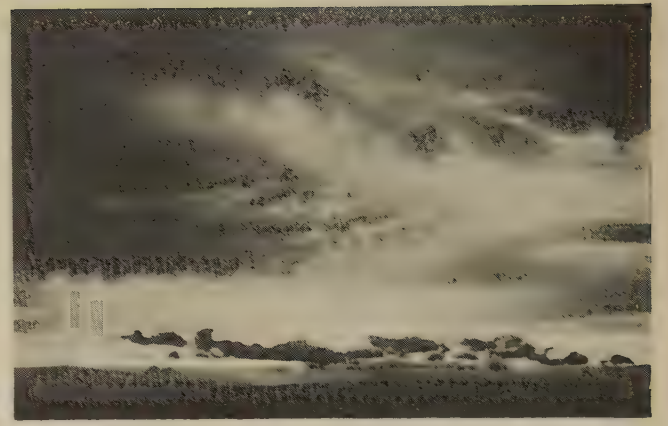


Fig. 3. — **Mammato** jeunes (11 mai 1937, 16h30m) ⟶ NE

Fig. 4. — Début de formation des **mammato**
(11 mai 1937, 16h35m) ⟶ WSW

Clichés J. Mondain.

Fig. 5. — **Mammato** atteignant la forme adulte
(12 mai 1937, 9h55m) ⟶ NE

Mammato à Tananarive (Madagascar)

(voir l'article de la page 25)

Sté J. PATUREL & Cie

(Maison fondée en 1872) 123-125, rue d'Avron, **PARIS** (20e)

BALLONS pour Sondages Météorologiques

MOULÉS en

LATEX

Conservation garantie — Solidité au gonflement

J. PATUREL & Cie

125, rue d'Avron, **PARIS** (20e)

Tous les Appareils de Précision pour

MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres Hygromètres. Baromètres. Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.

Cliché Pruvost.

Cumulonimbus en voie d'extension latérale et verticale rapide.

Sur la droite une première enclume commence à se détacher de la masse générale du cumulonimbus. Elle se résorbera sur place dans la demi-heure suivante.

Au-dessous de l'enclume, nouveaux bourgeonnements qui atteindront bientôt l'altitude des enclumes.

En haut, couronne de **cirrus** provenant soit de la désagrégation d'éléments de cumulonimbus, soit plutôt du refroidissement consécutif à la détente latérale.

Douala (Cameroun), le 30 mars 1937 à 14 h. 12 TMG, vers l'E.N.E.

Sté J. PATUREL & Cie

(Maison fondée en 1872) 123-125, rue d'Avron, **PARIS** (20e)

BALLONS pour Sondages Météorologiques

MOULÉS en

LATEX

Conservation garantie — Solidité au gonflement

J. PATUREL & Cie

125, rue d'Avron, **PARIS** (20e)

Tous les Appareils de Précision pour

MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres Hygromètres. Baromètres Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.

Cumulus de beau temps. La répartition régulière de la base de ces nuages sur un plan horizontal indique un développement uniforme des courants ascendants, et l'abondance de ces nuages montre que ces courants sont vifs. Au-dessus **cirrus** provenant peut-être de la désagrégation de cumulonimbus.
Bangui (A.E.F.), 19 septembre 1933, 13h TMG, vers le N.

Clichés A. Vergiat.

Formation fugitive de **Mammatus** à la base de la partie frontale d'un cumulonimbus, un peu avant l'arrivée au sol du coup de vent d'Est caractéristique d'un grain orageux.
Au premier plan **stratus cumuliforme** bas, trainant sur le sol.

Sté J. PATUREL & Cie

(Maison fondée en 1872) 123-125, rue d'Avron, PARIS (20e)

BALLONS pour Sondages Météorologiques

MOULÉS en

LATEX

Conservation garantie — Solidité au gonflement

J. PATUREL & Cie

125, rue d'Avron, PARIS (20e)

Tous les Appareils de Précision pour

MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres. Hygromètres. Baromètres. Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée, Paris. Usines à Villejuif-sur-Seine

Averses orageuses séparées dans la direction du S.W. par une éclaircie.

Photographie prise sous la voûte d'un **cumulonimbus**, après le passage de la ligne de grain.
La fumée indique pour le vent au sol une direction N N E voisine de celle du vent en altitude.
Bangui (A. E. F.), 25 septembre 1934, vers le Sud.

Clichés A. Vergiat.

Cumulus dont le développement vertical est modifié par un vent d'Est (Courant équatorial)
en altitude qui oblige le sommet du nuage à s'incliner.
Au-dessus, **altocumulus** en rouleaux, à droite ; et **cirrus**, à gauche surtout.
La girouette, au premier plan, montre que le vent inférieur (Mousson) vient du Sud.
La limite entre les deux courants aériens est pratiquement marquée par la base sombre du nuage,
la déviation vers l'Ouest étant sensible aussitôt après.
Bangui (A. E. F.), le 23 mai 1933, vue vers le Sud.

Sté J. PATUREL & Cie

(Maison fondée en 1872) 123-125, rue d'Avron, PARIS (20e)

BALLONS pour Sondages Météorologiques

MOULÉS en

LATEX

Conservation garantie — Solidité au gonflement

J. PATUREL et Cie

125, rue d'Avron, PARIS (20e)

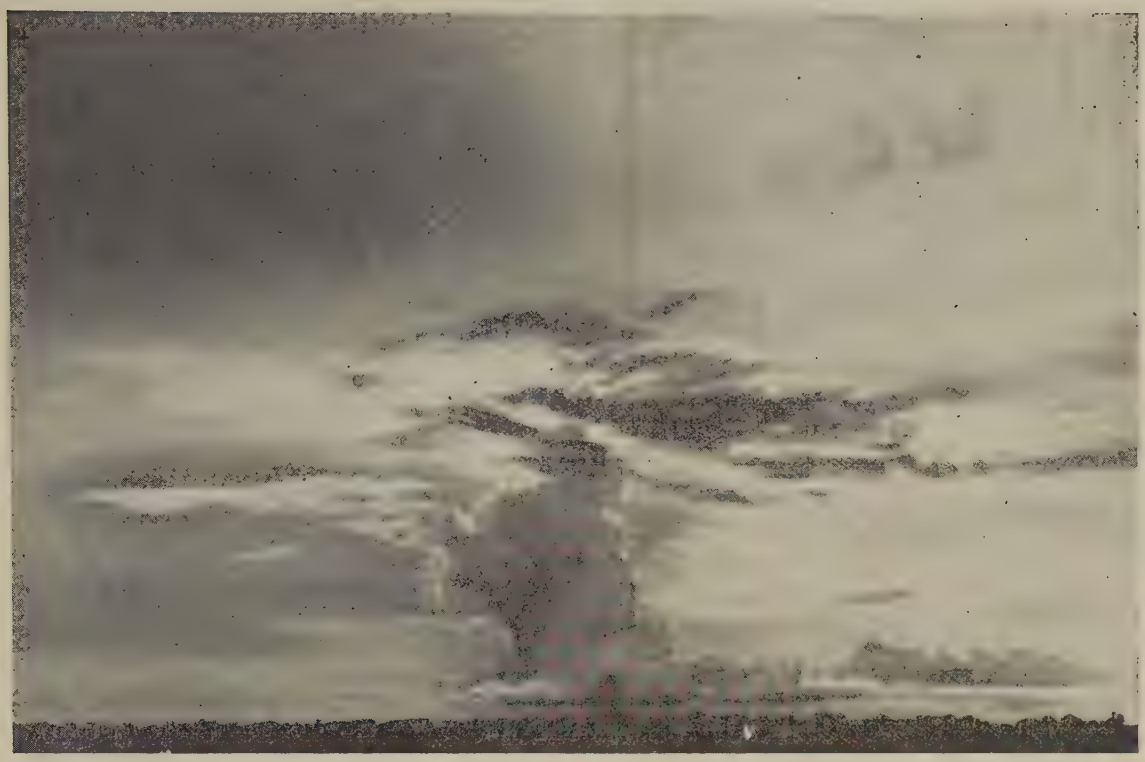
Tous les Appareils de Précision pour

MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres. Hygromètres. Baromètres. Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.



Bourgeonnement d'un **cumulus** de direction E-W à fort développement vertical, le sommet du nuage atteignant l'altitude des **altocumulus**, de direction NE-SW. Fond laiteux du ciel constitué par des **cirrostratus**.
Bangui (A.E.F.), 27 septembre 1934, 15 h 30 temps local. Vue vers l'Ouest.

Clichés A. Vergiat.

En altitude, bancs d'**altocumulus** bien organisés, se détachant sur un ciel laiteux de **cirrostratus**. Le long du sol, à l'arrière-plan, traînée de **brouillard** de 50 à 80 mètres immédiatement superposé à l'Oubangui et s'étalant en largeur sur 1.800 mètres environ. Il se manifeste de 5 h 30 à 7 h T.M.G. Il disparaîtra en formant de petits cumulus fondants.
Bangui (A. E. F.), 27 juillet 1934, 6 h T.M.G.

Sté J. PATUREL & Cie

(Maison fondée en 1872) **123-125, rue d'Avron, PARIS (20e)**

BALLONS pour Sondages Météorologiques

MOULÉS en

LATEX

Conservation garantie — Solidité au gonflement

J. PATUREL & Cie

125, rue d'Avron, PARIS (20e)

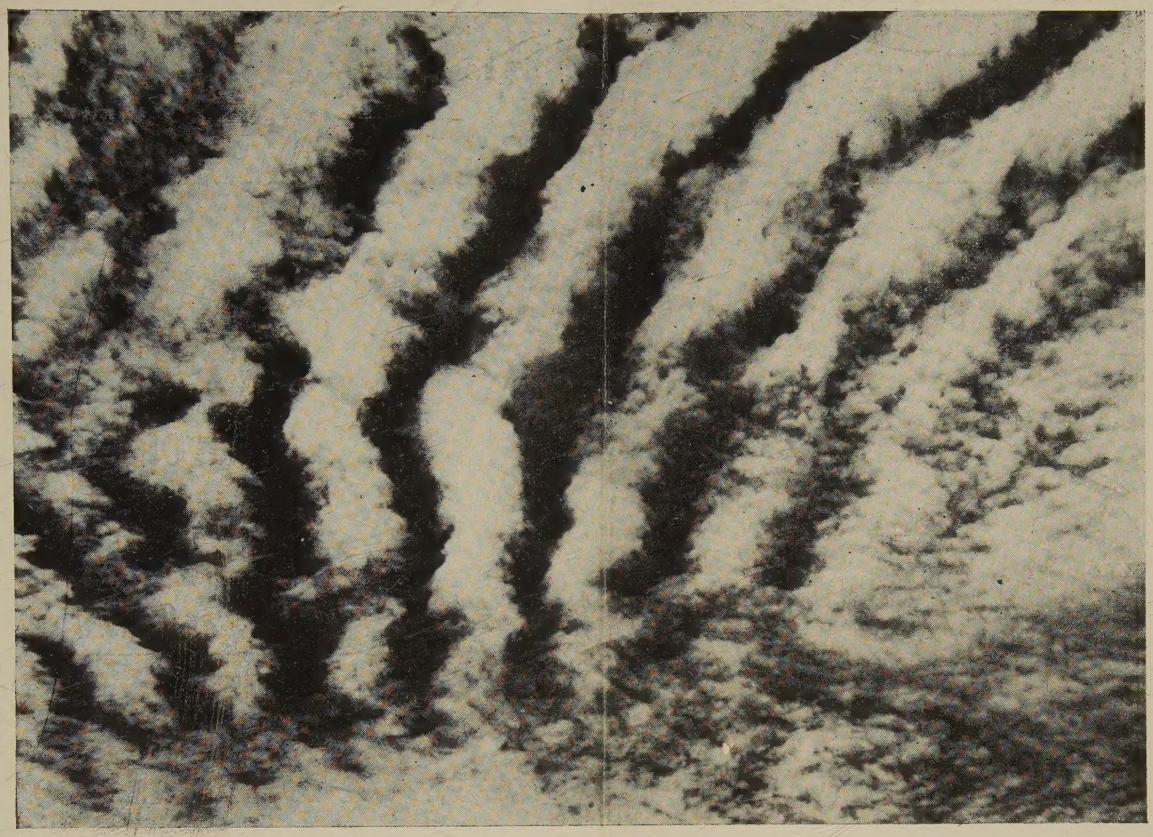
Tous les Appareils de Précision pour

MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres. Hygromètres. Baromètres. Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.



Altocumulus en rouleaux.
Bangui (A. E. F.), 23 mai 1935, 11 h 30.

Clichés A. Vergiat.

Cirrus en crinière se déplaçant du N.E. au S.W.
Bangui (A. E. F.), 20 septembre 1934, 16 h 30.

Sté J. PATUREL & Cie

(Maison fondée en 1872) **123-125, rue d'Avron, PARIS (20e)**

BALLONS pour Sondages Météorologiques

MOULÉS en **LATEX**

Conservation garantie — Solidité au gonflement

J. PATUREL et Cie

125, rue d'Avron, PARIS (20e)

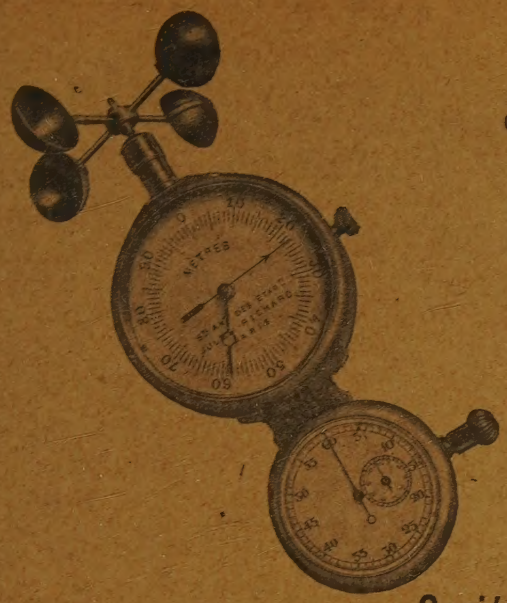
Tous les Appareils de Précision pour

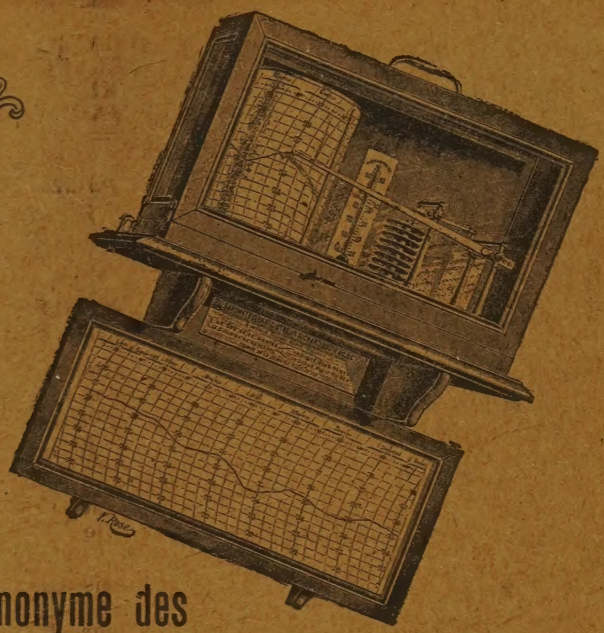
MÉTÉOROLOGIE & HYDROLOGIE

Thermomètres de précision ou étalons. Thermomètres frondes. Psychromètres. Hygromètres. Baromètres. Pluviomètres. Évaporomètres. Débitmètres. Ajutages de Pitot. Manomètres divers, etc. etc...

PROLABO

Société pour la fabrication et la vente des produits et appareils de laboratoire RHONE-POULENC. Siège Social et Ateliers, 12-17-19, rue Pelée. PARIS. Usines à Vitry-sur-Seine.





Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

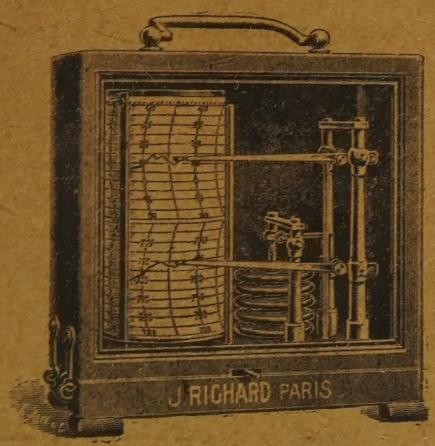
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

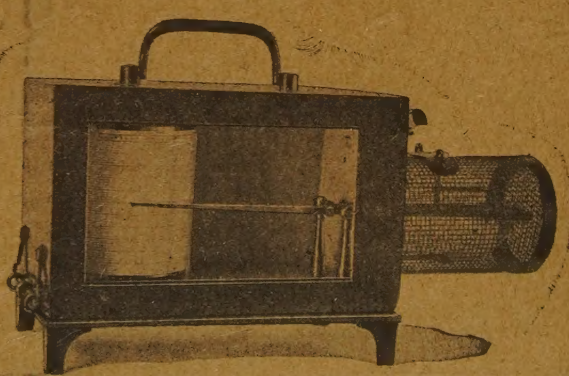
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

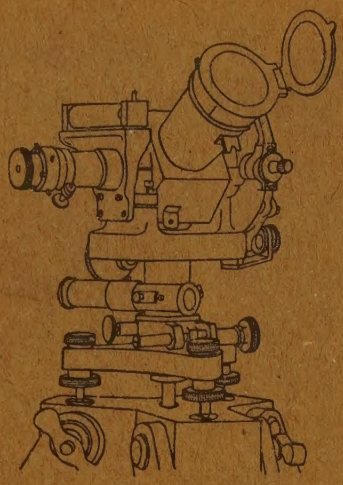
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY ✲ - LORIEUX ✲ - PONTHUS ✲ et THERRODE ✲

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

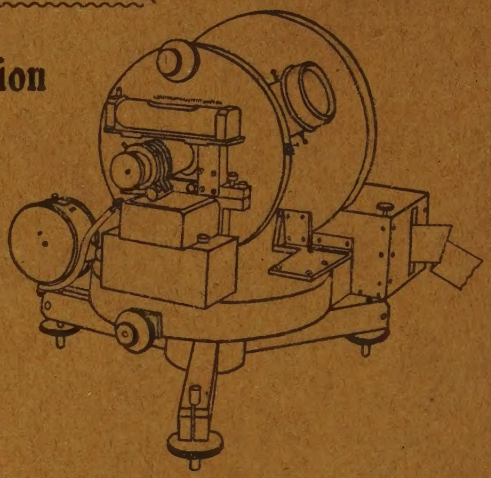
Tél. Alésia 26-37 et 26-38 ——— Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

—

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

—

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

——— Catalogues franco sur demande ———

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1938.